



中华人民共和国国家标准

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

2009-04-08 发布

2009-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 23561《煤和岩石物理力学性质测定方法》按部分发布,分为 16 个部分:

- 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:煤和岩石抗剪试验方法;
- 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。

本部分是 GB/T 23561 的第 8 部分。

本部分的附录 A 为规范性附录。

本部分由中国煤炭工业协会提出并归口。

本部分起草单位:煤炭科学研究总院开采设计研究分院和煤炭科学研究总院检测研究分院。

本部分主要起草人:齐庆新、李纪青、毛德兵。

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

GB/T 23561 的本部分规定了煤和岩石变形参数测定中涉及的术语和定义、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。

本部分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 、泊松比 μ 等变形参数的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 23561 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

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

SL 264—2001 水利水电工程岩石试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 23561 的本部分。

3.1

割线模量 **modulus of secant**

根据试件在加载过程中的应力-纵向应变曲线上,原点与曲线上应力为 50% 抗压强度点连线的斜率。

3.2

弹性模量 **modulus of elasticity**

试件单轴受力时正应力 σ 与弹性正应变 ϵ 之比。

3.3

泊松比 **Poisson's ratio**

试件横向应变与纵向应变比的绝对值。

4 主要仪器设备

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

4.3.1 材料试验机

材料试验机精度应不低于一级。加载范围应满足式(1)：

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

式中：

p_0 ——材料试验机加载范围的最大值，单位为千牛(kN)；

$p_{\max}$ ——预计试件的最大破坏载荷，单位为千牛(kN)。

4.3.2 电液伺服试验机

电液伺服试验机的精度应不低于一级，并能够以 0.5 MPa/s~1.0 MPa/s 的速率加载。上述 2 种试验机可任选一种。

4.4 测试系统

普通材料试验机升级改造中可选配如下仪器：

- a) 载荷传感器；
- 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，量程 5 mm，测量精度±0.5%FS；
- e) 计算机数据采集处理系统；
- f) 可采用其他设备和仪器，但精度等级不得低于本部分的相应规定。

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 3×15 mm~3×20 mm，精度 0.2，电阻值为 (120±0.2)Ω；
- b) 粘结剂：502 胶水，环氧树脂胶等或其他类似性能的粘结剂；
- 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 检验

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，阻栅的长度要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±0.2 Ω。

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、横应变片的排列采用“└”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、横应变片各一对。



1——应变片；
2——试件。

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,其面积要大于应变片。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粘结剂,待粘结剂干后,再在应变片背面涂上一薄层粘结剂,随即将应变片按要求的方向和部位贴上。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粘结剂,约按压几十秒即可贴牢。

6.3.3 固化处理

粘结剂一般可在常温下自行固化。固化时间,应参照所用粘结剂的说明书。急用时,可按各类粘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。焊前需先将导线固定,以防碰动导线时拉坏应变片。每根导线的长度、线径都要相同,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,面积要大于应变片,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,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,一般应大于 200 M Ω ,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,绝缘电阻值一般也应大于 200 M Ω 。

6.5 按 SL 264—2001 中 5.1.7 的规定,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。

6.5.1 将测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,纵向测表的表头与上承压板边缘接触,横向测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测表和横向测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进行描述,填入记录表内,见附录 A。

7.2 测量试件的直径和高度并填入记录表内,见附录 A:

- 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 4.3.1。

7.4 开动材料试验机,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,垫块的硬度应该不低于 HRC58,垫块的厚度与直径比不应小于 0.5。

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,应尽量同时测出。变形参数填入记录表内,见附录 A。

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 3 s~5 s 后关机;如无峰值时,则至轴向应变达 15%~20%时关机。

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摄影。

8 数据计算

8.1 分级加载时测试数据处理方法

检查测定结果,分别计算纵向应力值、纵向应变值和横向应变值,以及体积应变值。

8.1.1 轴向应力按式(2)计算:

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

式中:

σ ——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(cm²)。

计算结果取三位有效数字,试验报告中列出每个试件的测值。

8.1.2 纵向应变和横向应变取各测值的平均值。

8.1.3 体积应变按式(3)计算:

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

式中:

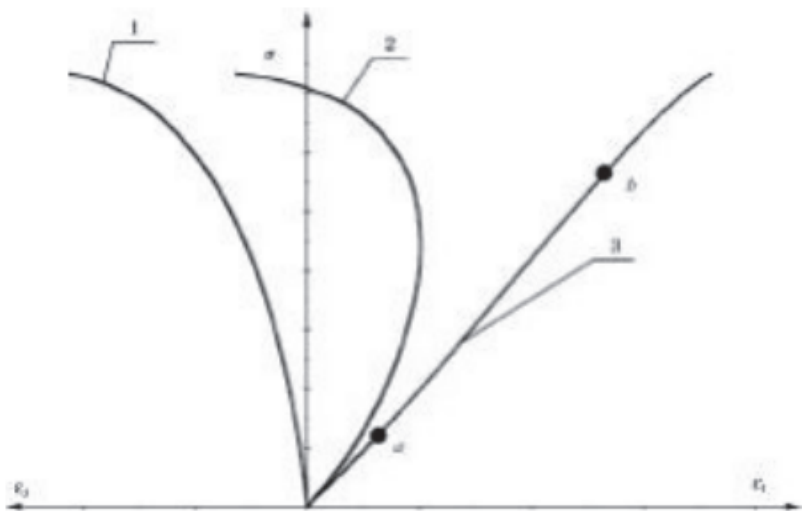
ϵ_v ——体积应变值;

ϵ_l ——纵向应变值;

ϵ_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值。

8.1.4 根据上述计算数据,绘制纵向应力-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。



- 1——σ 与 ε_d 曲线；
- 2——σ 与 ε_v 曲线；
- 3——σ 与 ε₁ 曲线。

图 2 应力-应变曲线

8.1.5 单轴抗压强度见 GB/T 23561.7—2009 中的 7.1。

8.1.6 割线模量按式(4)计算：

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

式中：
E₅₀——割线模量，单位为兆帕(MPa)；
σ₅₀——单轴抗压强度的 50%，单位为兆帕(MPa)；
ε₅₀——试件与 σ₅₀ 对应的纵向应变值。

8.1.7 弹性模量按式(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)；
σ_a——应力-应变曲线中直线段始点的应力，单位为兆帕(MPa)；
σ_b——应力-应变曲线中直线段终点的应力，单位为兆帕(MPa)；
ε_a——应力-应变曲线中直线段始点的应变值；
ε_b——应力-应变曲线中直线段终点的应变值。

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 μ，计算按式(6)：

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

式中：
ε_{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；
ε_{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处理测试数据

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,及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

根据系统已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,并按已输入机内的式(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,计算机可按已输入机内的式(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,并按已输入机内的式(6)计算并出该试件的泊松比。

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 变形参数的测定除用电阻应变仪外,还可使用具有 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),但用这类装置测出的值是试件的变形值,应除以测定的基长,使其值为应变值,然后再按本部分第 8 章进行计算与整理。如试验目的不要求提供应力-应变曲线时,本部分第 8 章可不进行。

8.3 电液伺服试验机处理测试数据

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式相同,按 8.2 规定进行。

附 录 A
(规范性附录)

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 载荷 P / kN	纵向 应力 σ / MPa	纵向应变 $\epsilon_l(\mu)$				横向应变 $\epsilon_d(\mu)$				体积 应变 ϵ_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 $P=$ 变形参数 $E_{50}=$ 单轴抗压强度 $R_c=$ $E_t=$ $\mu=$														

测定：_____

计算：_____

校核：_____
