发 布

中国煤炭学会

代替GB/T17608-1998

CCS

20××-××-××实施

20××-××-××发布

煤蠕变试验方法

Methods for creep test method of coal

（征求意见稿）

中国煤炭学会团体标准

ICS 73.040

D24

目 录

[1主题内容与适用范围 1](#_Toc148598939)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc148598940)

[3术语 1](#_Toc148598941)

[4仪器、设备 2](#_Toc148598955)

[5试件 3](#_Toc148598956)

[5.1 规格 3](#_Toc148598957)

[5.2 加工精度 3](#_Toc148598958)

[5.3 数量 3](#_Toc148598959)

[5.4 含水状态 3](#_Toc148598960)

[6测定时的环境温度和湿度 3](#_Toc148598961)

[6.1 温度 3](#_Toc148598962)

[6.2 湿度 3](#_Toc148598963)

[7测定步骤 3](#_Toc148598964)

[7.1 恒荷载作用下长期蠕变性的测定 3](#_Toc148598965)

[7.2 阶梯式加载蠕变性的测定 4](#_Toc148598966)

[8计算 5](#_Toc148598967)

[8.1 轴向应变值和径向应变值的计算 5](#_Toc148598968)

[8.2 应力计算 6](#_Toc148598969)

[8.3 计算结果 6](#_Toc148598970)

[8.4 推荐计算模型 5](#_Toc148598970)

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。

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。

本文件由煤炭科学技术研究院有限公司提出。

本文件由中国煤炭学会归口。

本标准起草单位：煤炭科学技术研究院有限公司、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国矿业大学、辽宁工程技术大学、山东科技大学、中国矿业大学（北京）、河南理工大学、辽宁工程技术大学、四川大学。

本文件主要起草人：

# 煤蠕变试验方法

## 1 主题内容与适用范围

本文件规定了测定在持续载荷下确定应变随时间变化的煤蠕变所需的仪器设备、试件，测定步骤和结果计算等。本文件适用于在单轴压缩条件下煤蠕变试验。

该测试方法涵盖完整圆柱状煤标准试样本在单轴、三轴压缩下的蠕变行为。本文件主要考虑煤在假三轴应力下的蠕变试验方法，当轴向应力大于横向应力时该试验方法同样适用于真三轴蠕变试验。

本文件适用于煤矿工程。主要技术内容为煤的单轴以及三轴蠕变试验测试方法，主要测试参数，测试步骤以及主要测试参数（变形，荷载等）的计算公式。本文件主要考虑煤矿工程中煤的长时受力蠕变条件，如大巷，永久硐室的长期稳定性与冲击危险性评价问题。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 23561-2009煤物理力学性质测定方法。GB/T 29172-2012岩心分析方法。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

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

煤 coal

自然形成的具有一定结构构造，由碳、氢、氧、氮、磷等元素形成的多种物质所组成的黑色固体可燃有机矿物。

### 3.2

煤体 coal mass

具有一定结构和性质，反应一定地质环境特征的，包含不连续结构面的煤地质体。

### 3.3

煤块 coal block

不包含显著结构面及其相关性质的煤块体。

### 3.4

煤样 coal sample

采集后基本能保持煤体原有结构和物理状态的煤块。指按照试验或测试目的准备的煤块体。

### 3.5

煤试件 coal sample

把煤块加工成满足室内试验或测试形状及尺寸要求的煤。

### 3.6

节理 jointing

未发生显著位移的裂缝或裂隙，降低煤岩的整体性、固定性和稳定性的断裂构造。

### 3.7

层理 layered structure

沉积物在沉积过程中由于颜色、成分、粒度、颗粒的排列等因素在层内沿垂向变化而形成的明显层次。

### 3.8

蠕变 creep

指物体在应力不变或应力增加很小的条件下，其变形随时间的延长而增大的性质。

### 3.9

蠕变路径 creep path

蠕变全过程的试验应力条件，应力历史。

### 3.10

蠕变阶段 creep stage

指蠕变过程中对煤试件应变变化的阶段性特征划分。减速蠕变，应变速率随时间增长而减小的性质,是蠕变的第一阶段。等速蠕变，应变速率随时间增长而保持不变的性质,是蠕变的第二阶段。加速蠕变，应变速率随时间增长而迅速增加直至试件破坏的性质，是蠕变的第三阶段。

### 3.11

单轴 uniaxial

指试件仅受到轴向应力作用，侧向没有应力。

### 3.12

常规三轴 conventional triaxial test

指试件所受横向应力大小相同，即试件的第二第三主应力大小相等的三轴压缩条件。

### 3.13

煤柱 coal pillar

煤柱是指地下采煤时，为了工作方便和安全而保留的、暂时或永久不予开采的一部分矿体。

### 3.14

长时结构 long time structure

煤矿工程中处于长时受力状态的结构，满足蠕变应力条件的矿体。通常情况下可以认为满足蠕变条件的结构或部位有巷道顶板、两帮煤壁、底板、硐室、煤柱、采空区围岩（煤）等。

## 4 仪器、设备

a. 蠕变试验机：一种可保持试件受恒压的三轴加载装置。可选用成熟的专业流变试验机，蠕变试验机。也可以使用满足试验期间应力波动小于2%的，能够准确实时记录应变信息的刚性试验机。

b. 力学试验机：具有完善的应力应变伺服控制系统，具有较高的测量精度的力学试验系统。如MTS试验机，GCTS试验机，TAW试验机等。也可以选用满足试验期间应力波动小于2%的，能够准确实时记录应变信息的刚性试验机。

c. 变形或应变测试传感器：轴向引伸计，环向引伸计，位移计，应力传感器。没有传感器条件，可以在单轴条件下可以使用应变片组代替，应变片组包含一个横向和一个纵向应变片，两个应变片夹角宜为90°，尽量使用多组应变片提高测量准确度。

d. 温度计，湿度计，游标卡尺，高精度电子秤，岩石表座测量仪。

e. 主要试件加工设备应包括钻机、锯石机、磨石机、测量平台、角尺、游标卡尺、饱和及烘干设备等。

f. 可采用其他设备和仪器，但精度等级不应低于蠕变试验的需求。

## 5 试件

### 5.1 规格

煤层采样依据GB/T 23561.1-2009。蠕变试验使用标准试件，标准试件优先采用圆柱体，直径（50+5 -2）mm，高径比为2±0.2。如果没有条件加工圆柱体标准试件，可采用方主体标准试件，试件尺寸为50mm×50mm×100mm，高径比为2±0.2。须考虑节理角度对蠕变性质的影响，确定蠕变应力与节理的角度进行制样，同一批次试件的节理角度保持一致。

### 5.2 加工精度

试件两端面不平行度不得大于0.05mm，试件上、下端直径偏差不得大于0.3mm。轴向偏差不应大于0.25°。制样及检测方法依据GB/T 23561.7-2009进行。

### 5.3 数量

每种含水状态下同一层煤的试件至少为3个，且得到的有效结果数量至少为3个。

### 5.4 含水状态

尽量采用自然含水状态的试件进行测定。试件制备后，放在底部有水的干燥器内1~2d，以保持一定的湿度，但试件不得接触水面。

## 6测定时的环境温度和湿度

### 6.1 温度

15℃~25℃（亦可根据特殊的试验目的另行确定）。测定过程中，试件所处环境的温度差不得超过±3℃.

### 6.2 湿度

试件所处环境的相对湿度为40%~60%（亦可根据特殊的试验目的另行确定）。测定过程中，试件所处环境的相对湿度差不得超过士5%。

## 7 测定步骤

### 7.1 单级蠕变测定

7.1.1 测定前核对煤试件的名称和试件编号，对试件的颜色、颗粒、层理、裂歐风化程度、含水状态以及加工过程中出现的问题等进行描述。

7.1.2 检查试件的加工精度.测量试件尺寸（应在试件高度中部两个互相垂直的方向测量其直径，取其算术平均值）。

7.1.3 试验仪器具有球形座和传感器的按照试验仪器要求进行安装。非商业试验仪器的使用球形座，将球形座转动部分徐上润滑油，放在蠕变试验机的下压头上.再将试件和压力传感器（如果需要的话）放在球形座和试验机的上压头之间，并使球形座。试件，传感器和试验机压头的中心线在一条直线上。连接好变形（或应变）测试装置。

7.1.4 给试件预加荷载约100N~1000N，使试件与加载压头充分接触，然后记录变形（或应变）测试装置的初始读数，并填入附录A表中。

7.1.5 以0.1MPa/s~0.5MPa/s或0.06mm/min~0.3mm/min的速率加给试件加载至所需荷载，一般为试件单轴抗压强度的40%-95%，亦可根据需要确定。记录荷载（N）和变形值（mm）或应变值。蠕变试验全过程中应保持轴向压力稳定，压力允许偏差值宜为所施加压力的±2%。

7.1.6 在轴向压力施加阶段，数据采集频率宜为12次/min~120次/min；在测定的初始蠕变阶段（见图1）数据采集频率宜为10次/h~60次/h；在第二蠕变阶段，数据采集频率宜为6次/h~30次/h；在第三蠕变阶段，数据采集频率宜为60次/h~360次/h。在破坏阶段，数据采集频率宜为3600次/h~18000次/h。

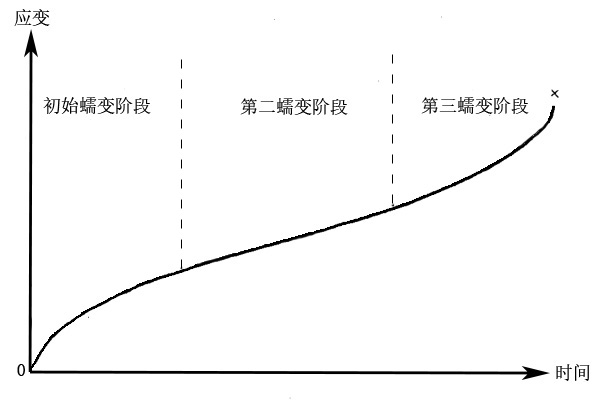


图1恒荷载作用下长期蠕变性测定的应变时间示意图

### 7.2 多级阶梯式加载蠕变性的测定

7.2.1 按照本标准7.1.1~7.1.6条的规定进行。

7.2.2 每级压力下的蠕变试验时间不宜少于7d，对于软煤，24h内应变值变化不应大于4%。

7.2.3当连续2h内其变形差不大于0.001mm或应变差不大于10-5时，即可进行下一阶梯的加载（见图2、图3）。

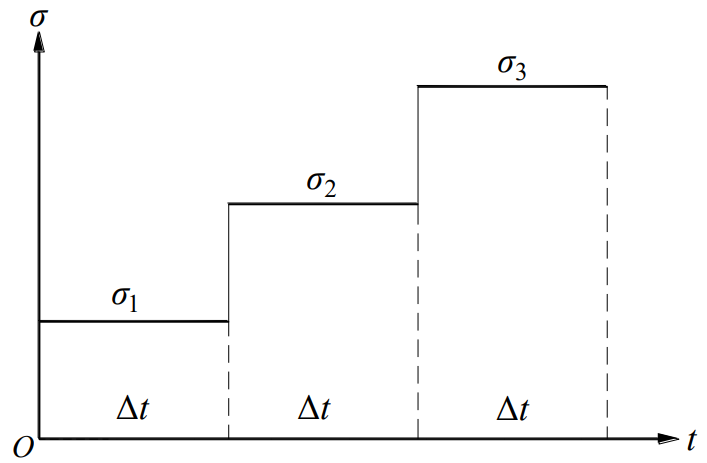


图2阶梯式加载蠕变性测定的应力-时间示意图

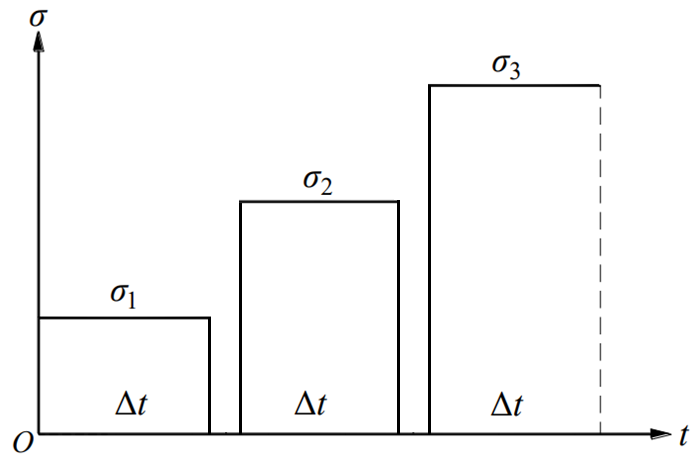


图3阶梯式加载-卸载蠕变性测定的应力-时间示意图

7.2.4 重复测定步骤，直至试件破坏。各阶梯的应力值可根据试验需要确定。但要求σ1<σ2<σ3（见图2）。测定过程中，若在某阶梯中出现了如图1所示的第三蠕变阶段，此时应进行试样破坏的准备，并调整蠕变试验阶梯。

## 8 计算

### 8.1 轴向应变值和径向应变值的计算

轴向应变值和径向应变值可通过应变仪、引伸计、应变片等传感器读取，当试验机精度较高时可以通过机器位移、变形值等参数计算。

#### 8.1.1轴向应变计算

 (1)

式中：

*ε*1-轴向应变；

*L*-试件的原始轴向长度，mm；

*△L*-轴向长度的变化量，mm。

#### 8.1.2径向应变计算

 (2)

式中：

*ε*2-径向应变；

*D*-试件的原始直径，mm；

*△D*-直径的变化量，mm。

### 8.2 应力计算

 (3)

式中：

*σ*-作用在试件上的应力，MPa；

*P*-荷载，N；

*A*-试件的横截面积，mm2。

### 8.3 计算结果

计算结果取小数点后三位，修约至两位。

### 8.4 推荐计算模型

对于煤蠕变压缩试验结果处理，推荐使用理论模型及其修正模型，也可以参考最新的研究结果：

a. 应变软化模型。

b. 西原（nishihara）元件模型。

c. Burgers模型。

应用理论模型进行蠕变计算应当严格遵照模型使用条件与适用范围，对蠕变试验的数据解释提供参考。注意，模型结果不能完全代表蠕变试验结果的实际情况，两者不同时以试验结果为主。

附录A

煤蠕变试验记录表

（参考）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 送样单位： | 采样地点： |  | | 试验日期： | |  |
| 试件编号及  围压MPa | 岩石/煤名称 | 试件直径  （D）mm | | 试件长度  （L）mm | | 试件横截面积  （A）mm2 |
|  |  |  | |  | |  |
| 试件描述 | 环境温度  ℃ | 环境湿度  % | | 抗压强度  MPa | | 试件含水率  % |
|  |  |  | |  | |  |
| 荷载  （P）N | 应力  （σ）MPa | 变形mm | | 应变 | | 时间  h |
| △D | △L | *ε*1 | *ε*2 |
|  |  |  | |  | |  |
|  |  |  | |  | |  |
|  |  |  | |  | |  |
|  |  |  | |  | |  |
| 测定： | 计算： |  | | 校核： | |  |