

ICS 73  
P 70  
备案号:

# MT

## 中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 593.6—2011  
代替 MT/T 593.6—1996

---

### 人工冻土物理力学性能试验 第 6 部分：人工冻土单轴蠕变 试验方法

Artificial frozen soil physics mechanics performance test——  
Part 6: Artificial frozen soil uniaxial creep test method

2011-04-12 发布

2011-09-01 实施

国家安全生产监督管理总局 发布



## 目 次

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1 范围 .....                      | 1 |
| 2 规范性引用文件 .....                 | 1 |
| 3 术语和定义 .....                   | 1 |
| 4 试验用仪器、设备 .....                | 1 |
| 5 试样 .....                      | 2 |
| 6 基本要求 .....                    | 2 |
| 7 试验步骤 .....                    | 2 |
| 8 结果计算 .....                    | 3 |
| 附录 A(规范性附录) 人工冻土单轴蠕变试验成果表 ..... | 4 |

## 前 言

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

MT/T 593《人工冻土物理力学性能试验》分为 8 个部分：

- 第 1 部分：人工冻土试验取样及试样制备方法；
- 第 2 部分：土壤冻胀试验方法；
- 第 3 部分：人工冻土静水压力下固结试验方法；
- 第 4 部分：人工冻土单轴抗压强度试验方法；
- 第 5 部分：人工冻土三轴剪切强度试验方法；
- 第 6 部分：人工冻土单轴蠕变试验方法；
- 第 7 部分：人工冻土三轴蠕变试验方法；
- 第 8 部分：人工冻土抗折强度试验方法。

第 1 部分至第 7 部分是对 MT/T 593《人工冻土物理力学性能试验》的修订，第 8 部分是 MT/T 593《人工冻土物理力学性能试验》新增加部分。本部分为 MT/T 593 的第 6 部分，是对 MT/T 593.6—1996《人工冻土物理力学性能试验 第 6 部分：人工冻土单轴蠕变试验方法》的修订，本部分代替 MT/T 593.6—1996。

本部分与 MT/T 593.6—1996 相比主要变化如下：

- 修订了单轴蠕变设备要求(见 4.1、4.2,1996 年版的 4.1、4.2)；
- 原标准中“含水量”统一修改成“含水率”(见 4.5、7.1.1,1996 年版的 4.5、7.1.1)；
- 增加了试验过程中对试块的保护措施(见 7.1.5)；
- 增加了蠕变数学模型的定义(见 8.3)；
- 修改了附录的性质将提示性附录更改为规范性附录(见附录 A,1996 年版的附录 A)；
- 增加了蠕变曲线和蠕变模型(见附录 A)。

本部分由中国煤炭工业协会提出。

本部分由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：煤炭科学研究总院建井研究分院、北京中煤矿山工程有限公司、中国矿业大学、安徽理工大学、济南瑞普机电技术有限公司。

本部分主要起草人：李长忠、刘晓敏、周金生、周华群。

本部分的历次版本发布情况为：

- MT/T 593.6—1996。

# 人工冻土物理力学性能试验

## 第6部分:人工冻土单轴蠕变

### 试验方法

#### 1 范围

MT/T 593 的本部分规定了人工冻土多试样和单试样蠕变试验所需的试验用仪器、设备,试样,基本要求,试验步骤和结果计算。

本部分适用于单向压缩应力条件下冻结原状土及重塑土蠕变性能的测试和计算。

#### 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。

MT/T 593.1 人工冻土物理力学性能试验 第1部分:人工冻土试验取样及试样制备方法

MT/T 593.4 人工冻土物理力学性能试验 第4部分:人工冻土单轴抗压强度试验方法

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

人工冻土单轴蠕变 artificial frozen soil uniaxial creep

人工冻土在无侧向应力时轴向压应力不变的条件下,其变形随着时间的延长而改变的性质。

##### 3.2

衰减型蠕变(Ⅰ类蠕变) attenuating creep

当冻土所受应力较小时,其变形速率逐渐减小并趋近于零。

##### 3.3

非衰减型蠕变(Ⅱ类蠕变) non-attenuating creep

当冻土所受应力大于某一确定值时,其变形速率由减小到恒定到增大,最后破坏。此类蠕变的过程一般可分为3个阶段(瞬时变形除外):变形速率逐渐减小为非稳定蠕变阶段;变形速率是常数为稳定蠕变阶段;变形速率逐渐增大到试验破坏为加速蠕变阶段。

##### 3.4

蠕变加载系数 creep loading coefficient

蠕变试验中试样所受应力与瞬时单轴抗压强度的比值,用  $k_i$  表示。

#### 4 试验用仪器、设备

4.1 单轴蠕变试验仪:最大轴向压力为100 kN,精度为1%。

4.2 应力及变形测试元件:压力传感器(量程为0 kN~100 kN,精度为1%);位移传感器(轴向量程为0 mm~50 mm,精度为1%;径向量程为0 mm~25 mm,精度为1%);数据自动采集系统。

4.3 温度传感器:量程为-40 ℃~+40 ℃,精度为0.2 ℃。

4.4 冷却及温控设备。

4.5 试验用含水率、密度测试装置。

## 5 试样

- 5.1 采用冻结原状土试样或冻结重塑土试样,其制备方法按 MT/T 593.1 中 6.2.2 和 6.2.3 的规定进行。
- 5.2 规格应与 MT/T 593.4 所采用的试样规格一致。
- 5.3 试样数量:一种土层 5 个(多试样单轴蠕变试验)或 2 个(单试样分级加载单轴蠕变试验),其中一个试样用于进行瞬时单轴抗压强度试验。

## 6 基本要求

- 6.1 试验应在规定的试验温度中进行。
- 6.2 温度波动度小于等于  $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.3 只有一种试验温度时,应选择  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;若有多种试验温度时,其中应有  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;如果有特殊要求,可另选试验温度。
- 6.4 试验前各试验用仪器、设备应校正合格。

## 7 试验步骤

### 7.1 多试样单轴蠕变试验

- 7.1.1 核实试样的来源、编号、密度、含水率、温度等,并填入附录 A 表内,检查试验设备、仪表及测试系统等。
- 7.1.2 测量试样尺寸,对冻结后变形的试样按 MT/T 593.1 中 5.2.2 的规定进行修正,称重并记录。
- 7.1.3 按 MT/T 593.4 中 7.1 规定用一个试样试验得到瞬时单轴抗压强度。
- 7.1.4 确定合适的蠕变加载系数并根据瞬时单轴抗压强度计算出逐级加载所需荷载,填入附录 A 表内。
- 7.1.5 在试样外套一层塑料膜,以防含水率变化,将试样装在单轴蠕变试验仪的上下加压头之间,安装并连接好压力量测系统、位移量测系统。
- 7.1.6 启动加载系统,给试样迅速加载至所需荷载或应力值,将此刻的变形值(弹性变形)进行记录,并随时记录时间、变形值。试验过程中试样所受应力宜保持恒定(其波动度不超过  $\pm 10\text{ kPa}$ )。
- 7.1.7 当试样变形已达稳定( $d\epsilon/dt \leq 0.0005\text{ h}^{-1}$ , I 类蠕变)24 h 以上或趋于破坏(II 类蠕变)时,测试结束。记下时间、变形终值。
- 7.1.8 卸去荷载,取出试样,描述其破坏情况。
- 7.1.9 若需获得蠕变曲线簇,可根据需要确定几个不同的蠕变加载系数  $k_i$ 。重复 7.1.1、7.1.2 和 7.1.4~7.1.8 的步骤。蠕变加载系数  $k_i$  按 0.3,0.4,0.5 和 0.7(或根据试验需要选择)取值。对于需超过 100 h 的蠕变试验, $k_i$  按 0.1,0.2,0.3 和 0.5 取值。

### 7.2 单试样分级加载单轴蠕变试验

- 7.2.1 根据需要确定各级加载的蠕变加载系数  $k_i$ ,取值同 7.1.9 的规定。
- 7.2.2 取最小一级蠕变加载系数,按 7.1.1~7.1.6 规定的步骤进行。
- 7.2.3 测试进行到变形已达稳定( $d\epsilon/dt \leq 0.0005\text{ h}^{-1}$ , I 类蠕变),或变形速率趋于常数( $|d^2\epsilon/dt^2| \leq 0.0005\text{ h}^{-2}$ , II 类蠕变)超过 24 h(但不超过 48 h)时,一级蠕变结束。
- 7.2.4 依次取不同的蠕变加载系数,计算出所需荷载值,重复本标准 7.1.6 和 7.2.3 规定的步骤。
- 7.2.5 当某一级的测试进入第三阶段时,不能再进行下一步的加载,可将此级蠕变进行到试验破坏为止。
- 7.2.6 按 7.1.8 规定的步骤进行。

## 8 结果计算

### 8.1 应变计算

#### 8.1.1 轴向应变计算

$$\epsilon_h = \Delta h / h_0 \quad (1)$$

$$\epsilon_c = \epsilon_h - \epsilon_e \quad (2)$$

式中:

$\epsilon_h$  —— 轴向总应变;

$\Delta h$  —— 试样轴向变形,单位为毫米(mm);

$h_0$  —— 试验前试样高度,单位为毫米(mm);

$\epsilon_c$  —— 蠕变应变;

$\epsilon_e$  —— 弹性应变(加载过程瞬时应变)。

#### 8.1.2 径向应变计算

$$\epsilon_d = \Delta D / D_0 \quad (3)$$

式中:

$\epsilon_d$  —— 径向应变;

$\Delta D$  —— 试样直径平均变化量,单位为毫米(mm);

$D_0$  —— 试验前试样平均直径,单位为毫米(mm)。

### 8.2 应力、荷载计算

#### 8.2.1 应力计算

$$\sigma_i = k_i \sigma_b \quad (4)$$

式中:

$\sigma_i$  —— 第  $i$  级加载时试样所受应力,单位为兆帕(MPa);

$k_i$  —— 第  $i$  级蠕变加载系数;

$\sigma_b$  —— 瞬时单轴抗压强度,单位为兆帕(MPa)。

#### 8.2.2 荷载计算

$$P_i = \sigma_i A_i \quad (5)$$

$$A_i = A_{i-1} / (1 - \epsilon_{i-1}) \quad (6)$$

式中:

$P_i$  —— 第  $i$  级所加荷载值,单位为牛顿(N);

$A_i$  —— 试样在加第  $i$  级荷载时的横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

### 8.3 单轴蠕变数学模型及蠕变参数

根据试验数据建立相应的蠕变数学模型:

$$\epsilon_c = f(T, \sigma, t) \quad (7)$$

宜采用下列函数描述蠕变数学模型:

$$\epsilon_c = \frac{A_0}{(|T|+1)^D} \cdot \sigma^B \cdot t^C \quad (8)$$

式中:

$T$  —— 试验温度,单位为摄氏度(°C);

$\sigma$  —— 轴向恒应力,单位为兆帕(MPa);

$t$  —— 蠕变时间,单位为小时(h);

$A_0$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  —— 与试验温度、轴向恒应力、蠕变时间相关的参数。

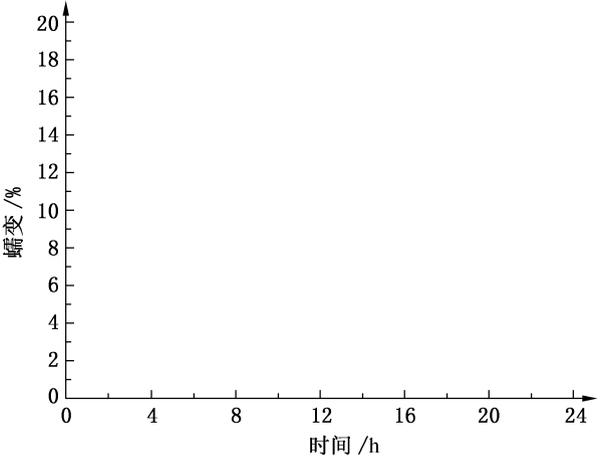
计算出对应的蠕变参数,绘制蠕变曲线,并对拟合效果进行描述。

附录 A

(规范性附录)

人工冻土单轴蠕变试验成果表

表 A.1 人工冻土单轴蠕变试验成果表

|  |             |            |  |            |      |      |
|--|-------------|------------|--|------------|------|------|
| 试验前试样高度 $h_0 =$ mm<br>试验前试样直径 $D_0 =$ mm<br>试验前试样截面积 $A_0 =$ mm <sup>2</sup><br>试样重量 $G =$ g<br>试验前试样含水率 $\omega_0 =$ %<br>试验前试样密度 $\rho_0 =$ g/mm <sup>3</sup><br>试验温度 $T =$ °C |             |            | 1. 蠕变曲线：<br><div style="text-align: center;">  </div> 2. 蠕变数学模型及参数：<br><br>3. 试验破坏情况描述： |            |      |      |
| 蠕变加载系数   | 轴向应力<br>MPa | 弹性变形<br>mm | 变形始值<br>mm   | 变形终值<br>mm | 起始时间 | 终止时间 |
|  |             |            |  |            |      |      |
|  |             |            |  |            |      |      |
|  |             |            |  |            |      |      |
|  |             |            |  |            |      |      |

工程名称：  
 土样编号：  
 试样编号：  
 土样说明：

试验者：  
 计算者：  
 校核者：  
 试验日期：