(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103760008 A
(43)申请公布日 2014.04.30

(21)申请号 201410042983.5

(22)申请日 2014.01.29

(71)申请人 核工业北京地质研究院
地址 100029 北京市朝阳区安外小关东里10号院

(72)发明人 赵星光 马利科 李鹏飞 谢敬礼 宗自华 苏锐 王驹

(74)专利代理机构 核工业专利中心 11007
代理人 罗立冬

(51)Int.Cl.
G01N 3/00(2006.01)

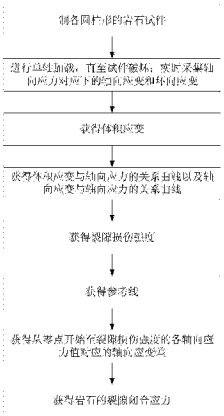
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法

(57)摘要

本发明岩石性能测试领域，具体涉及一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，包括：a、加工岩石试件；b、将岩石试件安装在压力机的试样台上；c、按荷载控制模式对试件进行单轴加载，直至试件破坏；d、计算试件的体积应变；e、确定体积应变－轴向应力曲线中的裂隙损伤强度；f、确定在轴向应变－轴向应力曲线中的裂隙损伤强度点，将此点与零点连接形成一条参考线；g、从零点开始至裂隙损伤强度结束，计算轴向应变－轴向应力曲线上的应变值与相同应力水平下参考线对应的应变值之差；h、做出轴向应变差与轴向应力的关系散点图，图中轴向应变差峰值所对应的应力即为岩石的裂隙闭合应力。本发明适用于为地下工程服务的岩石力学试验。



CN 103760008 A

1. 一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，依次包括以下步骤：

步骤 S1：制备圆柱形的岩石试件；

步骤 S2：采用岩石力学试验机对岩石试件进行单轴加载，直至试件破坏；实时采集轴向应力 σ_1 对应下的轴向应变 ε_1 和环向应变 ε_3 数据；

步骤 S3：获得体积应变 $\varepsilon_v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$；

步骤 S4：获得体积应变与轴向应力的关系曲线以及轴向应变与轴向应力的关系曲线；

步骤 S5：获得裂隙损伤强度 σ_{cd}，所述裂隙损伤强度 σ_{cd} 为体积应变与轴向应力的关系曲线中，体积应变最大值对应的轴向应力值；

步骤 S6：获得参考线；确定轴向应力－轴向应变关系曲线中的裂隙损伤强度点，所述参考线为轴向应力－轴向应变的关系曲线中，零点与裂隙损伤强度 σ_{cd} 的连接线；

步骤 S7：获得从零点开始至裂隙损伤强度的各轴向应力值对应的轴向应变差；所述轴向应变差为相同轴向应力值下的轴向应力－轴向应变关系曲线与参考线上的轴向应变之差；

步骤 S8：获得岩石的裂隙闭合应力；所述岩石的裂隙闭合应力为轴向应变差最大值对应的轴向应力值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其特征在于：所述岩石试件的高度与直径比为 2:1。

3. 根据权利要求 1 所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其特征在于：所述轴向应变 ε_1 和环向应变 ε_3 数据通过在所述岩石试件上安装轴向和环向引伸计采集。

4. 根据权利要求 1 所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其特征在于：将岩石试件安装在压力机的试样台上，采用荷载控制模式或轴向变形控制模式对试件进行单轴加载。

5. 根据权利要求 4 所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其特征在于：所述压力机为美国 MTS 公司生产的型号为 MTS815 的压力机。

一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩石性能测试领域，涉及一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，特别是涉及一种适用于为地下工程服务的岩石力学试验的采用轴向应变差确定岩石在单轴压缩条件下裂隙闭合应力的方法。

背景技术

[0002] 岩石受力破坏过程是其内部微破裂萌生、扩展和贯通的过程。其在压缩条件下的损伤和破坏过程可主要划分为几个重要阶段：(1) 裂隙闭合；(2) 弹性变形；(3) 裂隙初始；(4) 裂隙稳定发展；(5) 裂隙贯通；(6) 非稳定裂隙发展；(7) 破坏；(8) 破坏后阶段。其中，裂隙闭合所对应的应力水平称为岩石裂隙闭合应力。裂隙闭合应力是岩石在压缩破坏过程中的重要特征应力值之一，准确求解岩石在压缩条件下的裂隙闭合应力对于研究岩石的力学性质以及评价地下工程钻孔取芯过程中由于应力释放而导致的岩石损伤具有重要意义。

[0003] 现有测定岩石裂隙闭合应力的方法主要是应力应变法。该方法利用粘贴在岩石试件表面的轴向应变片，或安装在岩石试件上的轴向引伸计，在压缩过程中记录轴向应力，并分别测量轴向应变，然后绘制轴向应力和轴向应变关系曲线，并在曲线上近似线性段部分做切线，从零点开始，曲线与切线的开始交汇时点点对应的轴向应力即为岩石的裂隙闭合应力。然而，该方法在很大程度上具有主观性，其强烈依赖于用户对此交点的肉眼判断，由此得出的裂隙闭合应力值便不再客观。因此亟需提供一种新型的岩石在压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种便于客观判读岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力值的岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法。

[0005] 为解决上述技术问题，采取如下技术方案，

[0006] 一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，依次包括以下步骤：

[0007] 步骤 S1：制备圆柱形的岩石试件；

[0008] 步骤 S2：采用岩石力学试验机对试件进行单轴加载，直至试件破坏；实时采集轴向应力 σ_1 对应下的轴向应变 ε_1 和环向应变 ε_3 数据；

[0009] 步骤 S3：获得体积应变 $\varepsilon_v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$；

[0010] 步骤 S4：获得体积应变与轴向应力的关系曲线以及轴向应变与轴向应力的关系曲线；

[0011] 步骤 S5：获得裂隙损伤强度 σ_{cd}，所述裂隙损伤强度 σ_{cd} 为体积应变与轴向应力的关系曲线中，体积应变最大值对应的轴向应力值；

[0012] 步骤 S6：获得参考线；确定轴向应力－轴向应变关系曲线中的裂隙损伤强度点，所述参考线为轴向应力－轴向应变的关系曲线中，零点与裂隙损伤强度 σ_{cd} 的连接线；

[0013] 步骤 S7：获得从零点开始至裂隙损伤强度的各轴向应力值对应的轴向应变差；所

述轴向应变差为相同轴向应力值下的轴向应力－轴向应变关系曲线与参考线上的轴向应变之差；

[0014] 步骤 S8：获得岩石的裂隙闭合应力；所述岩石的裂隙闭合应力为轴向应变差最大值对应的轴向应力值。

[0015] 如上所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其中：所述岩石试件的高度与直径比为 2:1。

[0016] 如上所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其中：所述轴向应变 ε_1 和环向应变 ε_3 数据通过在所述岩石试件上安装轴向和环向引伸计采集。

[0017] 如上所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其中：将岩石试件安装在压力机的试样台上，采用荷载控制模式或轴向变形控制模式对试件进行单轴加载。

[0018] 如上所述的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，其中：所述压力机为美国 MTS 公司生产的型号为 MTS815 的压力机。

[0019] 本发明通过为确定岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力提供了一种新方法，本发明所述方法的特点是去除了用户的主观判断，根据轴向应变差与轴向应力的关系曲线对裂隙闭合应力进行客观判读，保证了求解的唯一性，该方法简单可靠，易于推广应用。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明提供的一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法的流程图；

[0021] 图 2 为本发明黑云母二长花岗岩在单轴压缩条件下的应变与轴向应力关系曲线图；

[0022] 图 3 为本发明黑云母二长花岗岩在单轴压缩条件下的轴向应力与轴向应变差关系曲线图；

[0023] 图 4 为本发明含斑黑云母二长花岗岩在单轴压缩条件下的应变与轴向应力关系曲线图；

[0024] 图 5 为本发明含斑黑云母二长花岗岩在单轴压缩条件下的轴向应力与轴向应变差关系曲线图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细的说明。

[0026] 如图 1 所示，一种岩石在单轴压缩条件下的裂隙闭合应力确定方法，依次包括以下步骤：

[0027] 步骤 S1：制备圆柱形的岩石试件；

[0028] 步骤 S2：采用岩石力学试验机对岩石试件进行单轴加载，直至试件破坏；实时采集轴向应力 σ_1 对应下的轴向应变 ε_1 和环向应变 ε_3 数据；

[0029] 步骤 S3：获得体积应变 $\varepsilon_v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$；

[0030] 步骤 S4：获得体积应变与轴向应力的关系曲线以及轴向应变与轴向应力的关系曲线；

[0031] 步骤 S5：获得裂隙损伤强度 σ_{cd}，所述裂隙损伤强度 σ_{cd} 为体积应变与轴向应力的关系曲线中，体积应变最大值对应的轴向应力值；

[0032] 步骤 S6：获得参考线；确定轴向应力－轴向应变关系曲线中的裂隙损伤强度点，所述参考线为轴向应力－轴向应变的关系曲线中，零点与裂隙损伤强度 σ_{cd} 的连接线；

[0033] 步骤 S7：获得从零点开始至裂隙损伤强度的各轴向应力值对应的轴向应变差；所述轴向应变差为相同轴向应力值下的轴向应力－轴向应变关系曲线与参考线上的轴向应变之差；

[0034] 步骤 S8：获得岩石的裂隙闭合应力；所述岩石的裂隙闭合应力为轴向应变差最大值对应的轴向应力值。

[0035] 以下通过不同的地质区为例，具体说明。

[0036] （一）以甘肃北山高放废物地质处置库预选区钻取的完整岩芯为例，在单轴压缩条件下确定岩石的裂隙闭合应力，进行以下操作：

[0037] （1）对甘肃北山高放废物地质处置库预选区钻取的完整岩芯进行加工，制备成高度与直径比为 2:1 的圆柱形岩石试件，本例采用的岩石试件直径为 50mm，高为 100mm，岩石类型为黑云母二长花岗岩。

[0038] （2）将岩石试件安装在压力机的试样台上，压力机型号为：MTS815（美国 MTS 公司生产）。

[0039] （3）在岩样的中部安装轴向和环向引伸计。

[0040] （4）采用压力机的荷载控制模式对试件进行单轴压缩试验，加载速率设为 0.75MPa/s，直至试件破坏，试验结束。

[0041] （5）如图 2 所示，根据测得的轴向应变（ε_1）与轴向应力（σ_1）关系曲线 1 和环向应变（ε_3）与轴向应力（σ_1）关系曲线 2，得到试件的体积应变（ε_v），$\varepsilon_v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$，其中 ε_1 为正值，ε_3 为负值。

[0042] （6）如图 2 所示，根据步骤（5）所得结果，绘制体积应变 ε_v 与轴向应力 σ_1 的关系曲线 3。

[0043] （7）如图 2 所示，在体积应变－轴向应力曲线中得出体积应变的旋转点，即体积应变最大值所对应的数据点 4，其对应的轴向应力为裂隙损伤强度（σ_{cd}）。

[0044] （8）如图 2 所示，在轴向应变－轴向应力曲线中得出上述裂隙损伤强度对应的数据点 5。

[0045] （9）如图 2 所示，在轴向应变－轴向应力曲线中连接零点 6 与裂隙初始损伤强度点 5，形成一条直线 7，即参考线。

[0046] （10）如图 2 所示，从零点开始至裂隙损伤强度结束，计算轴向应变－轴向应力曲线上的轴向应变值与相同应力水平条件下参考线对应的轴向应变值之差，即轴向应变差 8。

[0047] （11）如图 3 所示绘制轴向应力与轴向应变差的关系曲线 9，为“倒 U 形”，图中轴向应变差峰值所对应的轴向应力值即为岩石的裂隙闭合应力 10。

[0048] （二）以新疆高放废物地质处置库预选区钻取的完整岩芯为例，在单轴压缩条件下确定岩石的裂隙闭合应力，进行以下操作：

[0049] （1）对新疆高放废物地质处置库预选区钻取的完整岩芯进行加工，制备成高度与直径比为 2:1 的圆柱形岩石试件，本例采用的岩石试件直径为 50mm，高为 100mm，岩石类型

为含斑黑云母二长花岗岩。

[0050] （2）将岩石试件安装在压力机的试样台上，压力机型号为：MTS815（美国 MTS 公司生产）。

[0051] （3）在岩样的中部安装轴向和环向引伸计。

[0052] （4）采用压力机的荷载控制模式对试件进行单轴压缩试验，加载速率设为 0.75MPa/s，直至试件破坏，试验结束。

[0053] （5）如图 4 所示，根据测得的轴向应变（ε_1）与轴向应力（σ_1）关系曲线 11 和环向应变（ε_3）与轴向应力（σ_1）关系曲线 12，得到试件的体积应变（ε_v），$\varepsilon_v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$，其中 ε_1 为正值，ε_3 为负值。

[0054] （6）如图 4 所示，根据步骤（5）所得结果，绘制体积应变 ε_v 与轴向应力 σ_1 的关系曲线 13。

[0055] （7）如图 4 所示，在体积应变－轴向应力曲线中得出体积应变的旋转点，即体积应变最大值所对应的数据点 15，其对应的轴向应力为裂隙损伤强度（σ_{cd}）。

[0056] （8）如图 4 所示，在轴向应变－轴向应力曲线中得出上述裂隙损伤强度对应的数据点 15。

[0057] （9）如图 4 所示，在轴向应变－轴向应力曲线中连接零点 16 与裂隙初始损伤强度点 15，形成一条直线 17，即参考线。

[0058] （10）如图 4 所示，从零点开始至裂隙损伤强度结束，计算轴向应变－轴向应力曲线上的轴向应变值与相同应力水平条件下参考线对应的轴向应变值之差，即轴向应变差 18。

[0059] （11）如图 5 所示绘制轴向应力与轴向应变差的关系曲线 19，为“倒 U 形”，图中轴向应变差峰值所对应的轴向应力值即为岩石的裂隙闭合应力 20。

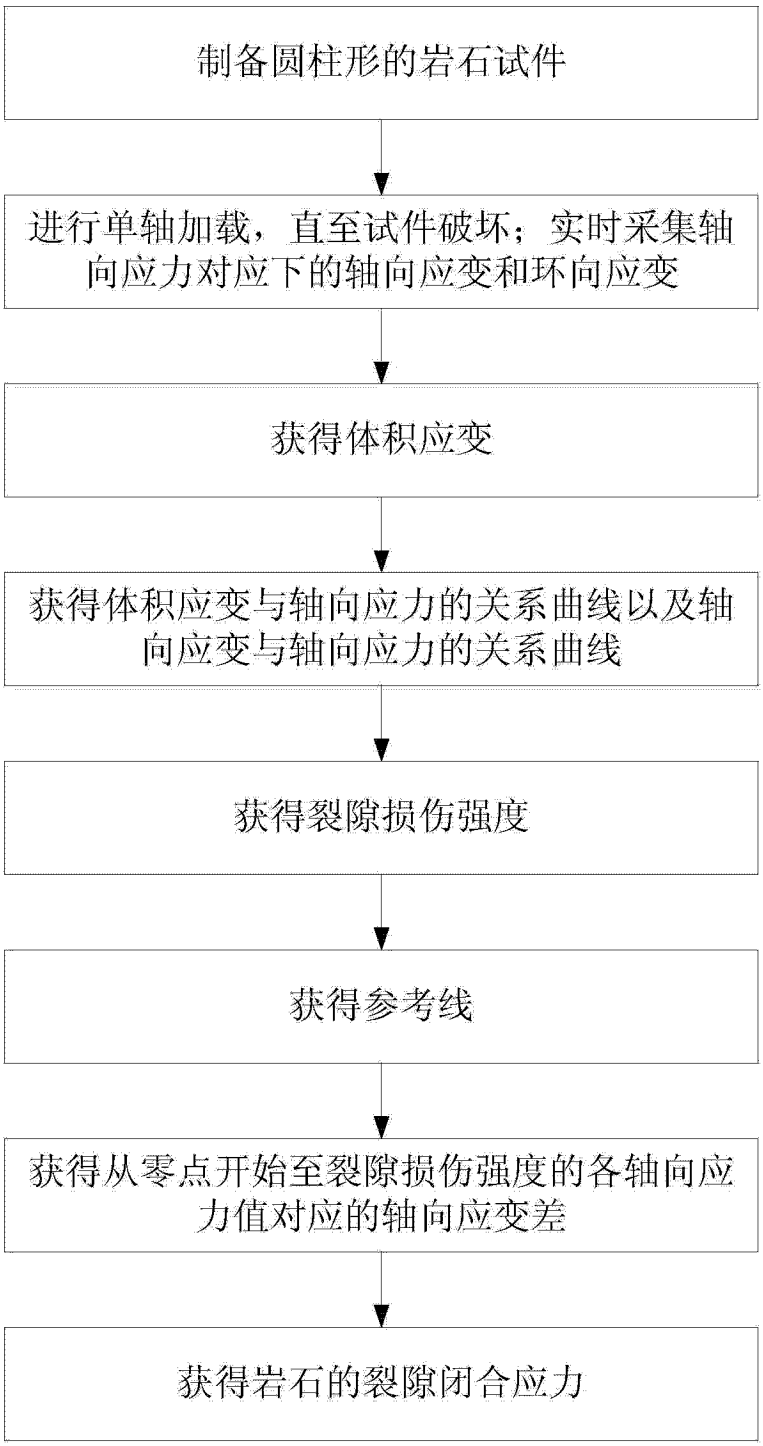

制备圆柱形的岩石试件
进行单轴加载，直至试件破坏；实时采集轴向应力对应下的轴向应变和环向应变
获得体积应变
获得体积应变与轴向应力的关系曲线以及轴向应变与轴向应力的关系曲线
获得裂隙损伤强度
获得参考线
获得从零点开始至裂隙损伤强度的各轴向应力值对应的轴向应变差
获得岩石的裂隙闭合应力

图 1

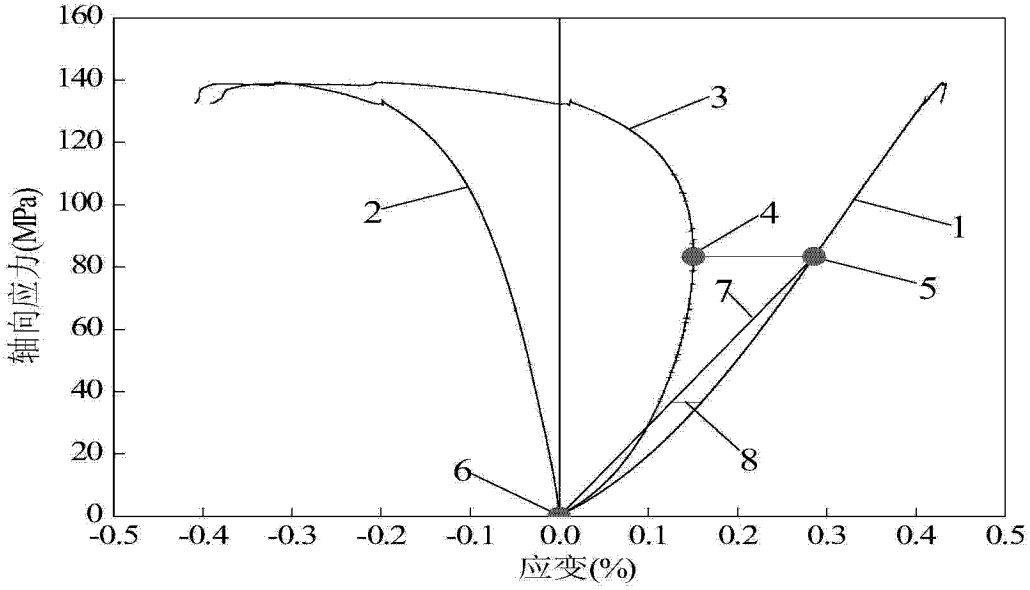

160
140
120
100
80
60
40
20
0
轴向应力(MPa)
-0.5
-0.4
-0.3
-0.2
-0.1
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
应变(%)
1
2
3
4
5
6
7
8

图 2

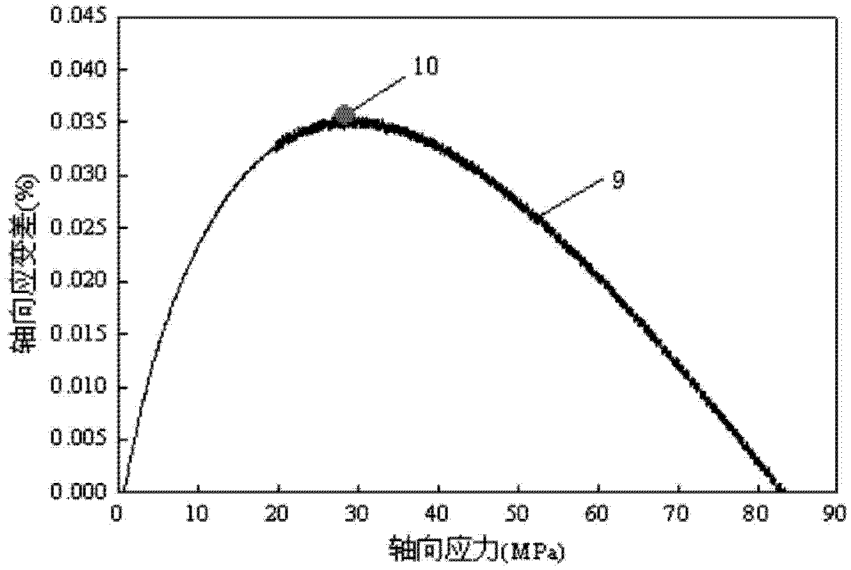

0.045
0.040
0.035
0.030
0.025
0.020
0.015
0.010
0.005
0.000
轴向应变差(%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
轴向应力(MPa)
9
10

图 3

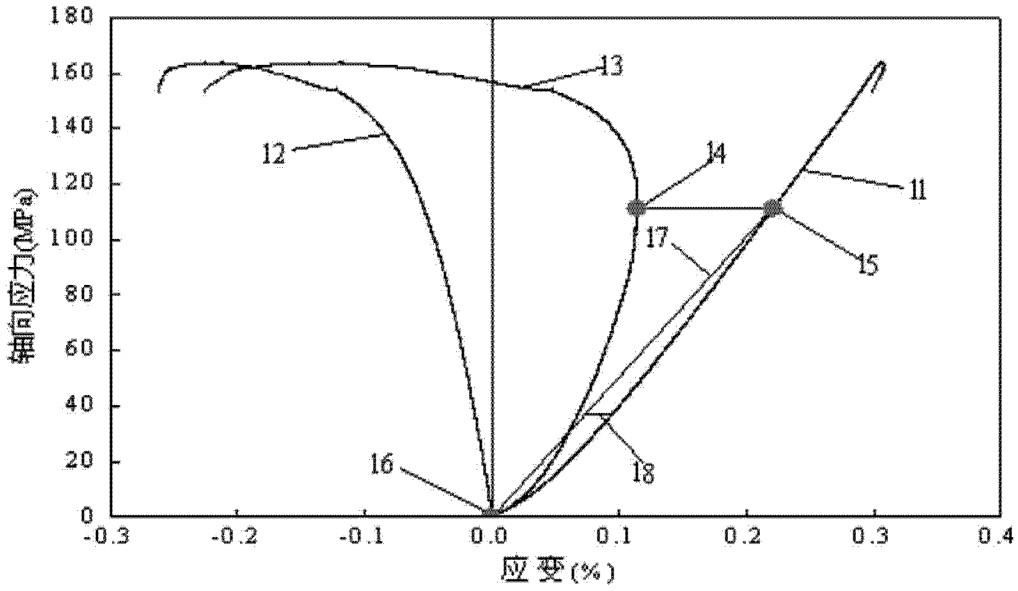

180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
轴向应力(MPa)
-0.3
-0.2
-0.1
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
应变(%)
11
12
13
14
15
16
17
18

图 4

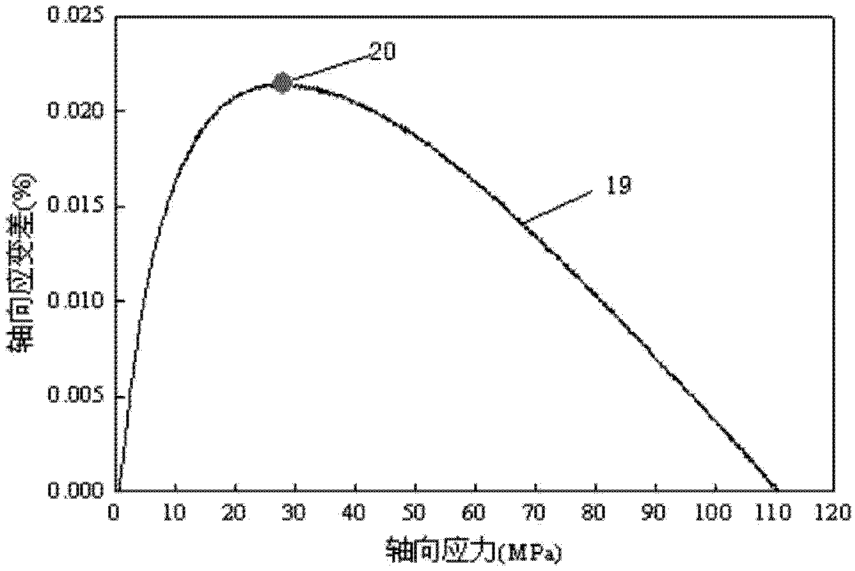

0.025
0.020
0.015
0.010
0.005
0.000
轴向应变差(%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
轴向应力(MPa)
19
20

图 5