



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113987752 A

(43) 申请公布日 2022.01.28

(21) 申请号 202111147623.8

(22) 申请日 2021.09.29

(71) 申请人 国高材高分子材料产业创新中心有限公司

地址 510530 广东省广州市高新技术产业  
开发区科丰路33号自编九栋5楼501室

(72) 发明人 陈涛 吴博 匡莉 戴婷 庞承焕  
叶海华 李卫领 黄克凡

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 郭浩辉 颜希文

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 30/17 (2020.01)

G06F 119/14 (2020.01)

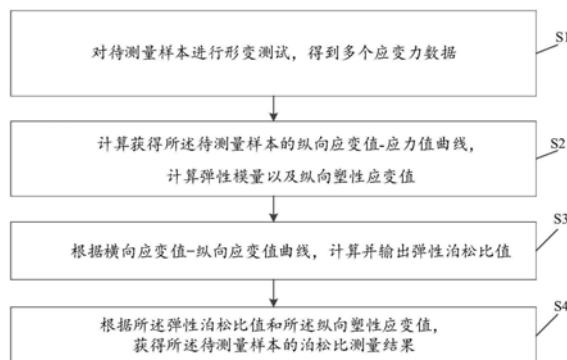
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

### (54) 发明名称

一种泊松比的测试方法、设备及计算机可读存储介质

### (57) 摘要

本发明涉及材料测试技术领域,具体公开了一种泊松比的测试方法、设备及计算机可读存储介质,通过对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;根据多个应变力数据,计算获得待测量样本的纵向应变-应力值曲线,根据曲线斜率变化区分弹性形变阶段,并计算弹性模量值;依据多个应变力数据以及弹性模量值,计算出纵向塑性应变值,计算并输出弹性泊松比值、弹塑性泊松比值-纵向应变关系曲线和塑性泊松比值-纵向塑性应变曲线。本发明通过结合理论与实际测试,建立了弹性泊松比、弹塑性泊松比、塑性泊松比的直接测试方法,提高了测试效率与准确性,易于实现自动化测试与运算。



1. 一种泊松比的测试方法,其特征是在于,包括:

对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中所述待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;其中,所述多个应变力数据包括应力值、横向应变值和纵向应变值;

根据所述多个应变力数据,计算获得所述待测量样本的纵向应变值-应力值曲线,计算弹性模量值,依据多个应变力数据以及弹性模量值,计算出纵向塑性应变值;

根据横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值;

根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果。

2. 如权利要求1所述的一种泊松比的测试方法,其特征在于,所述对待测量样本进行形变测试的方法包括:

将所述待测量样本安装在测试装置上,在所述测试装置中输入测试参数;其中,所述测试装置用于使待测量样本发生形变并记录实时应力值;

同时启动所述测试装置和形变识别装置,对待测量样本进行形变测试;其中,所述形变识别装置用于实时测量待测量样本的横向应变和纵向应变。

3. 如权利要求2所述的一种泊松比的测试方法,其特征在于,将所述待测量样本安装在测试装置上之前,还包括:

将待测量样本制成标准试样;

在标准试样表面设置灰度随机变化的散斑,用于供形变识别装置通过图像识别获取标准试样的横向应变值和纵向应变值数据。

4. 如权利要求1所述的一种泊松比的测试方法,其特征在于,根据所述横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值的方法是:

合并横向应变值和纵向应变值,得到横向应变值-纵向应变值关系曲线,对其起始线弹性段进行回归线性拟合,所得线性斜率即为弹性泊松比值。

5. 如权利要求1所述的一种泊松比的测试方法,其特征在于,根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果的方法是:

依据所述多个应变力数据,计算出弹性泊松比值以及弹性模量值,进一步计算出纵向真实应变;

获取横向应变值-纵向真实应变值关系曲线,依据指数型关系对其建立第一拟合方程,并对第一拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为弹塑性泊松比值-纵向应变值曲线;

通过纵向应变值和计算出的纵向塑性应变值,得到纵向塑性应变值-横向应变值关系曲线,计算其曲线斜率,即得到塑性泊松比值-纵向应变值曲线;

依据弹性泊松比值计算出纵向真实应变值,获取横向应变值-纵向真实塑性应变值的关系曲线,对其依据指数型关系建立第二拟合方程,对第二拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为塑性泊松比值-纵向真实塑性应变值曲线;

进而计算得出塑性泊松比值-纵向塑性应变值曲线。

6. 一种泊松比的测试设备,其特征在于,包括:形变测试模块、第一计算模块、第二计算模块和泊松比计算模块;

所述形变测试模块用于对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中所述待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;

所述第一计算模块用于根据所述多个应变力数据,计算出所述待测量样本的弹性模量值和纵向塑性应变值;

所述第二计算模块用于根据横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值;

所述泊松比计算模块用于根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果。

7.一种终端设备,其特征在于,包括:处理器和存储装置,所述存储装置用于存储一个或多个程序;当所述一个或多个程序被所述处理器执行时,所述处理器实现根据权利要求1至5中任意一项所述的泊松比的测试方法。

8.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序,其中,在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行如权利要求1至5中任意一项所述的泊松比的测试方法。

## 一种泊松比的测试方法、设备及计算机可读存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及材料测试技术领域,尤其涉及一种泊松比的测试方法、设备及计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 泊松比是工业设计中必须要涉及的一项材料参数,是指材料在单向受拉或受压时,横向正应变与轴向正应变的绝对值的比值,也叫横向变形系数,生产生活中常用的是弹性泊松比,是反映材料横向变形的弹性常数;目前针对材料的弹性泊松比的测量已有成熟的测试方法和测试设备,通过测量材料在拉伸时的纵向和横向的应变值,然后计算比值得出。

[0003] 但是当材料从弹性形变进入塑性变形阶段后,泊松比不再是常量,而变成为应变的函数关系曲线,且材料进入塑性变形后,伴随有剧烈变形,会出现“颈缩”现象致使被测材料边缘不平整,尤其是高分子材料,在材料进入塑性变形阶段后,一些材质表现的“颈缩”会非常剧烈明显;导致弹塑性泊松比和塑形泊松比的计算成为了难题。

[0004] 现在的泊松比测量方法或装置,在各行业依据现有测量技术进行的泊松比测量中,普遍只进行弹性泊松比的测量,很少涉及进入塑性变形阶段后的弹塑性泊松比测量或者塑性泊松比测量。弹塑性泊松比、塑形泊松比通常可以采用理论推导或仿真模拟的方式间接得出,却无法准确预测材料从弹性变形到塑性变形过程中出现的“颈缩”阶段各项参数的变化,被测材料的实际变形情况难以仿真或推导。因此,目前亟需一种材料的弹塑性泊松比和塑性泊松比的直接测试方法。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种泊松比的测试方法、装置以及计算机可读存储介质,克服了弹塑性泊松比和塑性泊松比难以直接进行测量并计算出结果的问题。

[0006] 本发明提供一种泊松比的测试方法,包括:

[0007] 对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中所述待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;其中,所述多个应变力数据包括应力值、横向应变值和纵向应变值;

[0008] 根据所述多个应变力数据,计算获得所述待测量样本的纵向应变值-应力值曲线,计算弹性模量值,依据多个应变力数据以及弹性模量值,计算出纵向塑性应变值;

[0009] 根据横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值;

[0010] 根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果。

[0011] 作为优选地,对所述待测量样本进行形变测试的方法包括:

[0012] 将所述待测量样本安装在测试装置上,在所述测试装置中输入测试参数;其中,所述测试装置用于使待测量样本发生形变并记录实时应力值;

[0013] 同时启动所述测试装置和形变识别装置,对待测量样本进行形变测试;其中,所述形变识别装置用于实时测量待测量样本的横向应变和纵向应变。

[0014] 优选地,将所述待测量样本安装在测试装置上之前,还包括:

[0015] 将待测量样本制成标准试样;

[0016] 在标准试样表面设置灰度随机变化的散斑,用于供形变识别装置通过图像识别获取标准试样的横向应变值和纵向应变值数据。

[0017] 优选地,根据所述横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值的方法是:

[0018] 合并横向应变值和纵向应变值,得到横向应变值-纵向应变值关系曲线,对其起始线弹性段进行回归线性拟合,所得线性斜率即为弹性泊松比值。

[0019] 优选地,根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果的方法是:

[0020] 依据所述多个应变力数据,计算出弹性泊松比值以及弹性模量值,进一步计算出纵向真实应变;

[0021] 获取横向应变值-纵向真实应变值关系曲线,依据指数型关系对其建立第一拟合方程,并对第一拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为弹塑性泊松比值-纵向应变值曲线;

[0022] 通过纵向应变值和计算出纵向塑性应变值,得到纵向塑性应变值-横向应变值关系曲线,计算其曲线斜率,即得到塑性泊松比值-纵向应变值曲线;

[0023] 依据弹性泊松比值计算出纵向真实应变值,获取横向应变值-纵向真实塑性应变值的关系曲线,对其依据指数型关系建立第二拟合方程,对第二拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为塑性泊松比值-纵向真实塑性应变值曲线;

[0024] 进而计算得出塑性泊松比值-纵向塑性应变值曲线。

[0025] 本发明提供了一种泊松比的测试设备,包括:形变测试模块、第一计算模块、第二计算模块和泊松比计算模块;

[0026] 所述形变测试模块用于对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中所述待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;

[0027] 所述第一计算模块用于根据所述多个应变力数据,计算出所述待测量样本的弹性模量值和纵向塑性应变值;

[0028] 所述第二计算模块用于根据横向应变值-纵向应变值曲线,获得弹性泊松比值;

[0029] 所述泊松比计算模块用于根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果。

[0030] 本发明提供了一种终端设备,包括处理器和存储装置,所述存储装置用于存储一个或多个程序;当所述一个或多个程序被所述处理器执行时,所述处理器实现上述的泊松比的测试方法。

[0031] 本发明提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序,其中,在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行上述的泊松比的测试方法。

[0032] 本发明的实施例,具有如下有益效果:

[0033] 本发明提供了一种泊松比的测试方法、设备及计算机可读存储介质,通过对待测

量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据,计算弹性模量值以及纵向塑性应变值,最终获得待测量样本的泊松比测量结果;通过理论与实际测试的结合,建立了弹性泊松比、弹塑性泊松比、塑性泊松比的直接测试方法和数据处理方法,提高了测试效率与准确性,易于运用于自动化测试与运算,通用性高。

## 附图说明

- [0034] 图1是本发明提供的泊松比的测试方法的一种实施例的流程示意图;
- [0035] 图2为本发明提供的测试设备的一个实施例的结构示意图;
- [0036] 图3为本发明提供的标准试样其中一个实施例的结构示意图;
- [0037] 图4为本发明其中一个实施例的横向应变 $\epsilon_y$ 和纵向应变 $\epsilon_x$ 关系曲线图;
- [0038] 图5为本发明其中一个实施例的工程应力应变曲线图;
- [0039] 图6为本发明其中一个实施例的弹性泊松比值线性拟合曲线图;
- [0040] 图7为本发明其中一个实施例直接计算法的弹塑性泊松比值曲线图;
- [0041] 图8为本发明其中一个实施例直接计算法与降低数据量法的弹塑性泊松比值曲线对比图;
- [0042] 图9为本发明其中一个实施例的变形量较大( $\geq 30\%$ )时弹塑性泊松比值线性拟合曲线图;
- [0043] 图10为本发明其中一个实施例的变形量较小( $\leq 30\%$ )时横向应变 $\epsilon_y$ 对纵向应变 $\epsilon_x$ 关系曲线指数型拟合曲线图;
- [0044] 图11为本发明其中一个实施例曲线拟合法的弹塑性泊松比值曲线图;
- [0045] 图12为本发明其中一个实施例的横向应变 $\epsilon_y$ 和纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 关系曲线图;
- [0046] 图13为本发明其中一个实施例直接计算法和降低数据量法的塑性泊松比值曲线对比图;
- [0047] 图14为本发明其中一个实施例的变形量较大( $\geq 30\%$ )时塑性泊松比值线性拟合曲线图;
- [0048] 图15为本发明其中一个实施例的变形量较小( $\leq 30\%$ )时横向应变 $\epsilon_y$ 对塑性应变 $\epsilon_p$ 关系曲线指数型拟合曲线图;
- [0049] 图16为本发明其中一个实施例曲线拟合法的塑性泊松比值曲线图。
- [0050] 图中:1、拉伸试验机;2、拉伸夹具;3、标准试样;4、力值传感器;5、电脑;6、CCD相机。

## 具体实施方式

[0051] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0052] 参见图1,是本发明一实施例提供的一种泊松比的测试方法的流程示意图,包括步骤如下:

[0053] S1、通过测试设备对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;其中,多个应变力数据包括应力值、横向应变值和纵向应变值;

[0054] S2、根据多个应变力数据,计算获得待测量样本的纵向应变值-应力值曲线,计算弹性模量值;依据多个应变力数据以及弹性模量值,计算出纵向塑性应变值;

[0055] S3、根据横向应变值-纵向应变值曲线,计算并输出弹性泊松比值;

[0056] S4、根据弹性泊松比值和纵向塑性应变值,获得待测量样本的弹塑性泊松比值和塑性泊松比值。

[0057] 本发明实施例提供的一种泊松比的测试方法通过结合理论与实际测试的结合,建立了弹性泊松比、弹塑性泊松比、塑性泊松比的直接测试方法和数据处理方法,提高了测试效率与准确性,易于运用于自动化测试与运算,通用性高。

[0058] 参见图2和图3,是本发明一实施例提供的一种泊松比的测试设备以及标准试样3的示意图,包括:标准试样3采用哑铃型样条,采用的测试装置包括拉伸试验机1、拉伸夹具2和力值传感器4,力值传感器4设于拉伸试验机1和拉伸夹具2的连接处,形变识别装置包括CCD相机6和电脑5,电脑5通过数据线与力值传感器4和CCD相机6分别相连,电脑5中运行有用于数据采集和图像分析的软件。标准试样3在测试前先喷涂散斑点,以供CCD相机6采集图像信息,标准试样3装在拉伸夹具2中,电脑5控制拉伸试验机1进行拉伸测试,力值传感器4获取应力值信息,CCD相机6识别获取标准试样3的实时图像信息,并通过图像识别获取横向应变值和纵向应变值。

[0059] 优选地,散斑的尺寸对应形变识别装置的采集图像中3至5个像素。

[0060] 优选地,形变识别装置的CCD相机6具体为三维应变测量系统,通过至少2个不同角度的CCD相机6对标准样条进行拍摄,采用计算机双目视觉理论和材料力学理论分析标准样条表面变形前后的散斑图像,来动态跟踪标准样条表面上散斑的运动并得到三维位移场,在此基础上计算得到标准样条的三维应变场。

[0061] 本领域技术人员可以理解,示意图仅仅是测试设备的示例,并不构成对测试设备的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如测试设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0062] 本发明实施例提供的泊松比的测试设备通过一次性的变形测试,即可根据测试数据进行弹性泊松比、弹塑性泊松比和塑性泊松比的计算,极大的提高了测试效率,操作方便高效。

[0063] 作为本发明的其中一个实施例,提供了一种泊松比的测试方法,下面结合理论推导与实际测试,其实现泊松比的测试方法的计算方法如下:

[0064] (1) 弹性泊松比值计算方法是:

[0065] 设通过测量得到的应力值为 $\sigma_y$ ,横向应变为 $\epsilon_y$ ,纵向应变为 $\epsilon_x$ ;

[0066] 通过应力值 $\sigma_y$ 与纵向应变 $\epsilon_x$ 数据,得到工程应力应变曲线,计算弹性模量值:

$$E = \frac{\Delta \sigma_y}{\Delta \epsilon_x} = \frac{\sigma_{x=0.25\%} - \sigma_{x=0.05\%}}{\epsilon_{x=0.25\%} - \epsilon_{x=0.05\%}};$$

[0067] 合并横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 和纵向应变 $\epsilon_x$  (X轴) 数据,获取关系应变曲线;

[0068] 弹性泊松比值 $\mu_e$ 是在横向应变 $\epsilon_y$ 对纵向应变 $\epsilon_x$ 关系曲线的起始线性部分内,垂直

于拉伸方向上的两坐标轴之一(横向)的拉伸形变量  $\Delta \varepsilon_y$  与拉伸方向上(纵向)的形变量  $\Delta \varepsilon_x$  之比的负值;在起始线弹性段(标准IS0527-1:2019规定在纵向应变  $\varepsilon_x$  在0.3%~屈服应变之间呈线性区域)对关系曲线进行回归线性拟合,线性斜率即为弹性泊松比值  $\mu_e = \frac{-\Delta \varepsilon_y}{\Delta \varepsilon_x}$ 。

[0069] (2) 弹塑性泊松比值的计算方法是:

[0070] 合并纵向应变  $\varepsilon_x$  和横向应变  $\varepsilon_y$  关系曲线,计算曲线斜率,即为弹塑性泊松比值  $\mu$ -纵向应变  $\varepsilon_x$  曲线;

[0071] 弹塑性总应变  $\varepsilon$  等于弹性应变  $\varepsilon_e$  与塑性应变  $\varepsilon_p$  之和,即  $\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p$ ,其对应的弹塑性泊松比值为  $\mu$ ,材料的弹性模量值为  $E$ ,应力  $\sigma$  是弹塑性总应变  $\varepsilon$  的函数  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ ;弹性泊松比值仍为  $\mu_e$ ,求得弹性应变  $\varepsilon_e = \sigma/E$ ;故此时在拉伸标准试样3的纵向上(X轴)应变为  $\varepsilon_x = \varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p$ ,宽度(Y轴)和厚度(Z轴)方向上的应变应为  $\varepsilon_y = \varepsilon_z = -\mu \varepsilon$ ;

[0072] 设定研究对象拉伸标准试样3试验区域初始体积为  $V_0 = \text{长度} * \text{宽度} * \text{厚度}$ ,由于在初始拉伸时受到弹性变形的作用,使得体积改变(塑性变形体积不变),由公式推导得出:

$$[0073] \quad \mu = \frac{1}{\varepsilon} \left[ 1 - \left( 1 - \mu_e \frac{\sigma}{E} \right) \sqrt{\frac{1 + \frac{\sigma}{E}}{1 + \varepsilon}} \right];$$

[0074] 通常  $\sigma/E$  远小于1,弹塑性总应变  $\varepsilon_x = \varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p$  对应的弹塑性泊松比值  $\mu = -\varepsilon_y / \varepsilon_x = -\varepsilon_y / \varepsilon$ ,一般真实应变  $\varepsilon^* = \ln(1 + \varepsilon)$ ,简化出:

$$[0075] \quad \varepsilon_y = e^{-\frac{\varepsilon^*}{2}} - 1;$$

[0076] 因此横向应变  $\varepsilon_y$  与纵向真实应变  $\varepsilon^*$  呈指数型关系;根据测试数据及公式换算,做出横向应变  $\varepsilon_y$  和纵向应变  $\varepsilon_x$  数据的关系曲线,通过真实应变  $\varepsilon^* = \ln(1 + \varepsilon)$  公式,换算出纵向真实应变  $\varepsilon_x^*$ ,获取横向应变  $\varepsilon_y$  与纵向真实应变  $\varepsilon_x^*$  关系曲线,依据指数型关系建立拟合方程,对拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为弹塑性泊松比值  $\mu$ -纵向真实应变  $\varepsilon_x^*$  曲线,进而可得出弹塑性泊松比值  $\mu$ -纵向应变  $\varepsilon_x$  曲线。

[0077] (3) 塑性泊松比值的计算方法是:

[0078] 纵向应变数据  $\varepsilon_x$  依据公式换算出纵向塑性应变  $\varepsilon_p$ ,合并纵向塑性应变  $\varepsilon_p$  和横向应变  $\varepsilon_y$  关系曲线,计算曲线斜率,即为塑性泊松比值  $\mu_p$ -纵向应变  $\varepsilon_x$  曲线;

[0079] 弹塑性总应变  $\varepsilon$  等于纵向弹性应变  $\varepsilon_e$  与纵向塑性应变  $\varepsilon_p$  之和,即  $\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p$ ,宽度(横向Y轴)和厚度(Z轴)方向上的应变应为  $\varepsilon_y = \varepsilon_z = -(\mu_e \varepsilon_e + \mu_p \varepsilon_p)$ ;

[0080] 设定研究对象拉伸标准试样3试验区域初始体积为  $V_0 = \text{长度} * \text{宽度} * \text{厚度}$ ,依据公式得出塑性泊松比值:

$$[0081] \quad \mu_p = \frac{(1 - \mu_e \varepsilon_e) \left[ 1 + \varepsilon_e + \varepsilon_p - \sqrt{(1 + \varepsilon_e)(1 + \varepsilon_e + \varepsilon_p)} \right]}{\varepsilon_p (1 + \varepsilon_e + \varepsilon_p)};$$

[0082] 纵向应变  $\varepsilon_x = \varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p$ ,纵向弹性应变  $\varepsilon_e$  对应的弹性泊松比值  $\mu_e = -\varepsilon_y / \varepsilon_e$ ,纵向塑性应变  $\varepsilon_p$  对应的塑性泊松比值  $\mu_p = -\varepsilon_y / \varepsilon_p$ ,纵向真实应变  $\varepsilon^* = (\varepsilon_e^* + \varepsilon_p^*) = \ln(1 + \varepsilon) = \ln(1 + \varepsilon_e + \varepsilon_p)$ ,在塑性变形发生后,材料的弹性性质  $\mu_e$  和  $\varepsilon_e$  对塑性应变的影响微乎其微,忽略不计,因此简化为:

$$[0083] \quad \varepsilon_y = e^{-\frac{\varepsilon_p^*}{2}} - 1;$$

[0084] 因此横向应变 $\varepsilon_y$ 与纵向真实塑性应变 $\varepsilon_p^*$ 呈指数型关系;根据测试数据及公式换算,做出横向应变 $\varepsilon_y$ 和纵向应变 $\varepsilon_x$ 数据的关系曲线,通过纵向真实应变 $\varepsilon^* = \ln(1+\varepsilon)$ 公式,换算出纵向真实应变 $\varepsilon_x^*$ ,按照 $\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p = \sigma/E + \varepsilon_p$ ,获取横向应变 $\varepsilon_y$ 与纵向真实塑性应变 $\varepsilon_p^*$ 的关系曲线,依据指数型关系建立拟合方程,对拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为塑性泊松比值 $\mu_p$ 与纵向真实塑性应变 $\varepsilon_p^*$ 曲线,依据纵向塑性应变 $\varepsilon_p$ 与纵向真实塑性应变 $\varepsilon_p^*$ 的换算关系,进而得出塑性泊松比值 $\mu_p$ -纵向塑性应变 $\varepsilon_p$ 曲线,最终可得塑性泊松比值 $\mu_p$ -纵向应变 $\varepsilon_x$ 曲线。

[0085] 参见图2至图16,是本发明其中一个实施例提供的泊松比的测试方法的具体测试数据图和运算得出的曲线图,下面结合附图具体说明本实施例的泊松比的测试方法计算步骤。

[0086] 参见图2和图3,将待测材料通过注塑或机加工成标准试样3,在标准环境下调节规定时间;

[0087] 将标准试样3进行前处理:散斑制取,在标准试样3表面形成灰度随机变化的散斑图案,以供运用数字图像相关技术(digital image correlation,DIC)的CCD相机6和图像分析系统识别获取图像信息。

[0088] 将标准试样3安装在拉伸试验机1的拉伸夹具2上,设置标准试样3的参数,如间距、试验速率、采集频率等;

[0089] 调节CCD相机6和光源,获取拉伸试验机1上标准试样3的清晰图像,调节相机曝光频率与拉伸试验机1相同;

[0090] 同时启动拉伸试验机1的拉伸测试程序和CCD相机6监测图像信息;

[0091] 试验结束后,停止CCD相机6的图像采集,导出拉伸试验机1的应力值数据和CCD相机6图像数据;

[0092] 将图像数据导入电脑5通过图像分析系统进行标定,建立虚拟引伸计,计算合并绘制出横向应变 $\varepsilon_y$ (Y轴)和纵向应变 $\varepsilon_x$ (X轴)的关系曲线。

[0093] 参见图4,合并应力值 $\sigma_y$ 与纵向应变 $\varepsilon_x$ 数据,获取工程应力应变曲线,计算弹性模量

$$\text{值: } E = \frac{\Delta \sigma_y}{\Delta \varepsilon_x} = 2.00 \times 10^3 \text{ MPa};$$

[0094] 参见图5,弹性泊松比值 $\mu_e$ :在横向应变 $\varepsilon_y$ 对纵向应变 $\varepsilon_x$ 关系曲线的起始线性部分内,垂直于拉伸方向上的两坐标轴之一(横向)的拉伸形变量 $\Delta \varepsilon_y$ 与拉伸方向上(纵向)的形变量 $\Delta \varepsilon_x$ 之比值的负值。起始线弹性段(标准ISO527-1:2019规定在纵向应变 $\varepsilon_x$ 在0.3%~屈服应变4.3%之间呈线性区域)对关系曲线进行回归线性拟合,取0.7%~2.3%线性回归拟

$$\text{合得出弹性泊松比值: } \mu_e = \frac{-\Delta \varepsilon_y}{\Delta \varepsilon_x} = 0.409;$$

[0095] 参见图6,弹塑性泊松比值 $\mu$ :合并纵向应变 $\varepsilon_x$ (X轴)和横向应变 $\varepsilon_y$ (Y轴)关系曲线。

[0096] 参见图7,直接计算上述曲线的斜率,由于数据点较多(2800多个数据),曲线在整体上表现出平滑,但是在局部上存在波动,这是受测试精度及系统误差所影响导致的,所获得的弹塑性泊松比值 $\mu$ 与纵向应变 $\varepsilon_x$ 关系曲线,数据波动较大、干扰强,整体趋势是先增大

后减小逐渐稳定,但是无法获取目标结果。

[0097] 参见图8和图9,通过降低数据量法使纵向应变 $\epsilon_x$  (X轴) 和横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 关系曲线整体较平滑,因此可以降低数据量,起到降低波动干扰,获得的弹塑性泊松比值 $\mu$ 与纵向应变 $\epsilon_x$ 关系曲线,降低数据量可明显改善数据波动性,曲线趋势更明显。当纵向应变 $\epsilon_x$ 较大时,纵向应变 $\epsilon_x$  (X轴) 和横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 关系曲线呈线性趋势,可以线性回归拟合系数表示弹塑性泊松比值;当纵向应变 $\epsilon_x$ 在初始弹性阶段时以弹性泊松比值表示。但是这种降低数据点的方法对曲线转折地方的信息无法有效保留和体现,因为数据点间隔变大,斜率为相邻数据点割线斜率平均值,无法准确体现材料在曲线转折时的弹塑性泊松比值。

[0098] 参见图10和图11,依据公式得出纵向真实应变 $\epsilon^* = \ln(1+\epsilon)$ ,当纵向应变 $\epsilon_x$ 小于30%时,近似可以看成纵向真实应变 $\epsilon^*$ 与纵向应变 $\epsilon_x$ 呈线性关系,则可以得出横向应变 $\epsilon_y$ 与纵向应变 $\epsilon_x$ 也呈指数型关系,对纵向应变 $\epsilon_x$ 为30%以内的关系曲线进行指数型拟,获得拟合曲线,对拟合曲线求导,得出弹塑性泊松比值曲线,与30%以上线性趋势合并,获取弹塑性泊松比值-纵向应变 $\epsilon_x$ 曲线,曲线光滑平稳。

[0099] 参见图12,塑性泊松比值 $\mu_p$ :依据公式 $\epsilon = \epsilon_e + \epsilon_p = \sigma/E + \epsilon_p$ 换算出塑性应变 $\epsilon_p$ ,合并纵向塑性应变 $\epsilon_p$  (X轴) 和横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 关系曲线;直接计算曲线斜率,由于数据点较多(2800多个数据),曲线在整体上表现出平滑,但是在局部上存在波动,这是受测试精度及系统误差所影响,获得的塑性泊松比值 $\mu_p$ -纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 关系曲线图,数据波动较大、干扰强,整体趋势是先增大后减小到逐渐稳定,但是无法获取目标结果。

[0100] 参见图13和图14,纵向塑性应变 $\epsilon_p$  (X轴) 和横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 关系曲线整体较平滑,因此可以降低数据量,起到降低波动干扰,获得的塑性泊松比值 $\mu_p$ 与纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 关系曲线图,降低数据量可明显改善数据波动性,曲线趋势更明显。当纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 较大时,纵向塑性应变 $\epsilon_p$  (X轴) 和横向应变 $\epsilon_y$  (Y轴) 关系曲线呈线性趋势,可以线性回归拟合系数表示塑性泊松比值。但是这种降低数据点的方法对曲线转折地方的信息无法有效保留和体现,因为数据点间隔变大,斜率为相邻数据点割线斜率平均值,无法准确体现材料在曲线转折时的塑性泊松比值。

[0101] 参见图15和图16,依据公式得出纵向真实应变 $\epsilon^* = \ln(1+\epsilon)$ ,当纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 小于30%时,近似可以看成纵向真实塑性应变 $\epsilon_p^*$ 与纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 呈线性关系,则可以得出横向应变 $\epsilon_y$ 与纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 也呈指数型关系,对纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 为30%以内的关系曲线进行指数型拟,获得拟合曲线,对拟合曲线求导,并与30%以上线性趋势合并,获取塑性泊松比值-纵向塑性应变 $\epsilon_p$ 曲线,曲线光滑平稳。

[0102] 本发明还公开了一种泊松比的测试设备,包括:形变测试模块、第一计算模块、第二计算模块和泊松比计算模块。

[0103] 所述形变测试模块用于对待测量样本进行形变测试,并测量在形变测试过程中所述待测量样本随测试时间变化而变化的多个应变力数据;其中,所述多个应变力数据包括应力值、横向应变值和纵向应变值。

[0104] 所述第一计算模块用于根据所述多个应变力数据,计算获得所述待测量样本的纵向应变值-应力值曲线,计算弹性模量值,依据多个应变力数据以及弹性模量值,计算出纵向塑性应变值。

[0105] 所述第二计算模块用于通过合并横向应变值和纵向应变值,得到横向应变值-纵

向应变值关系曲线,对其起始线弹性段进行回归线性拟合,所得线性斜率即为弹性泊松比值。

[0106] 所述泊松比计算模块用于根据所述弹性泊松比值和所述纵向塑性应变值,获得所述待测量样本的泊松比测量结果。

[0107] 泊松比计算模块包括弹塑性泊松比计算单元和塑性泊松比计算单元。

[0108] 弹塑性泊松比计算单元用于依据所述多个应变力数据,计算出弹性泊松比值以及弹性模量值,进一步计算出纵向真实应变;获取横向应变值-纵向真实应变值关系曲线,依据指数型关系对其建立第一拟合方程,并对第一拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,而得出弹塑性泊松比值-纵向应变值曲线。

[0109] 塑性泊松比计算单元用于纵向应变值和计算出纵向塑性应变值,得到纵向塑性应变值-横向应变值关系曲线,计算其曲线斜率,即得到塑性泊松比值-纵向应变值曲线;依据弹性泊松比值计算出纵向真实应变值,获取横向应变值-纵向真实塑性应变值的关系曲线,对其依据指数型关系建立第二拟合方程,对第二拟合方程的拟合曲线求导,得出曲线斜率,即为塑性泊松比值-纵向真实塑性应变值曲线;进而计算得出塑性泊松比值-纵向塑性应变值曲线。

[0110] 本发明还公开了一种终端设备,包括处理器和存储装置,存储装置用于存储一个或多个程序;当一个或多个程序被处理器执行时,处理器实现上述的泊松比的测试方法。所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所称处理器是测试设备的控制中心,利用各种接口和线路连接整个测试设备的各个部分。

[0111] 存储装置可用于存储计算机程序和/或模块,处理器通过运行或执行存储在存储装置内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储装置内的数据,实现终端设备的各种功能。存储装置可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序等;存储数据区可存储根据终端设备的使用所创建的数据等。此外,存储装置可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0112] 其中,泊松比的测试设备集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,计算机程序可存储于至少一个计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,计算机程序包括计算机程序代码,计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。计算机可读介质可以包括:能够携带计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。

[0113] 需说明的是,以上所描述的设备及装置的实施例仅是示意性的,其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。另外,本发明提供的装置实施例的附图中,模块之间的连接关系表示它们之间具有通信连接,具体可以实现为一条或多条通信总线或信号线。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0114] 以上是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

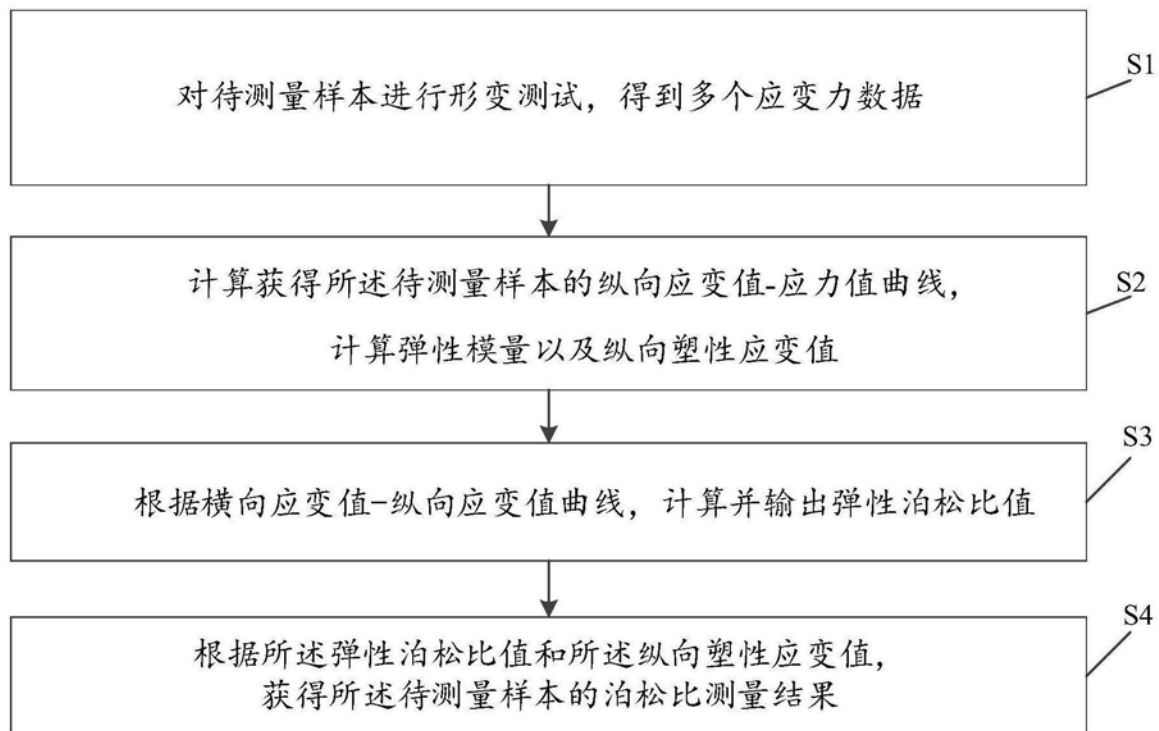


图1

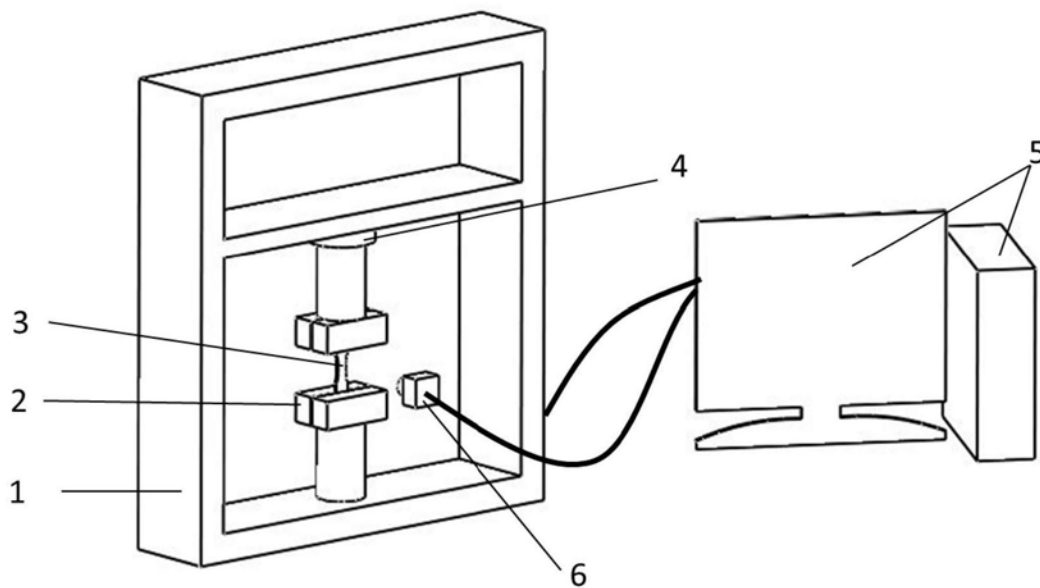


图2



图3

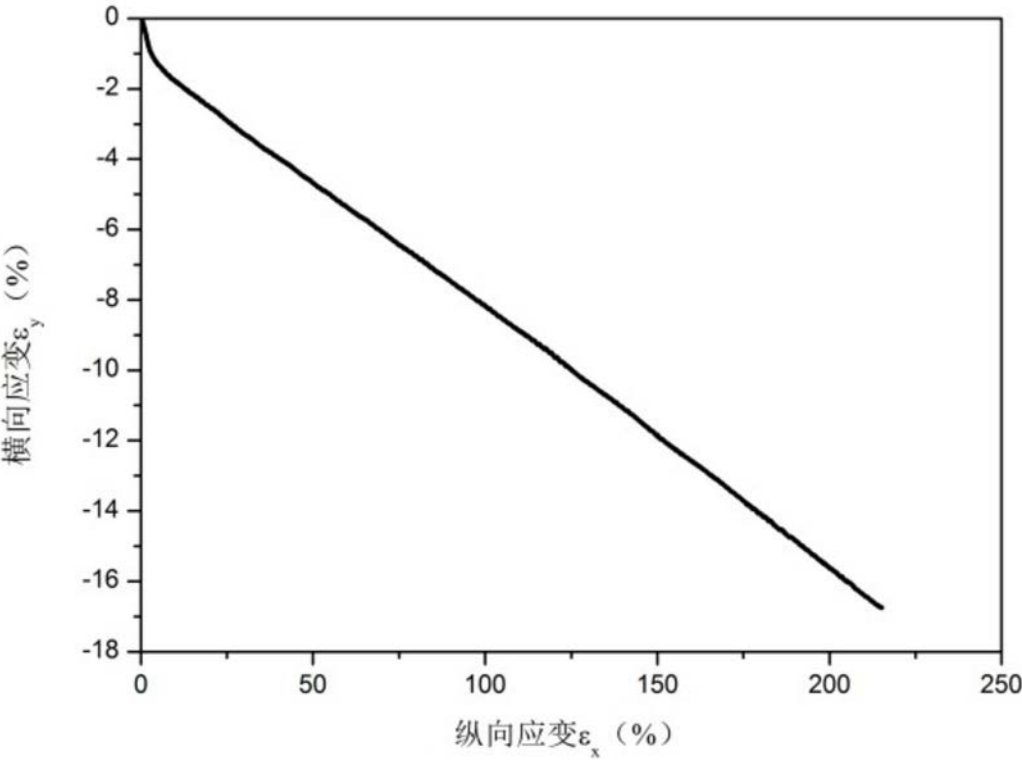


图4

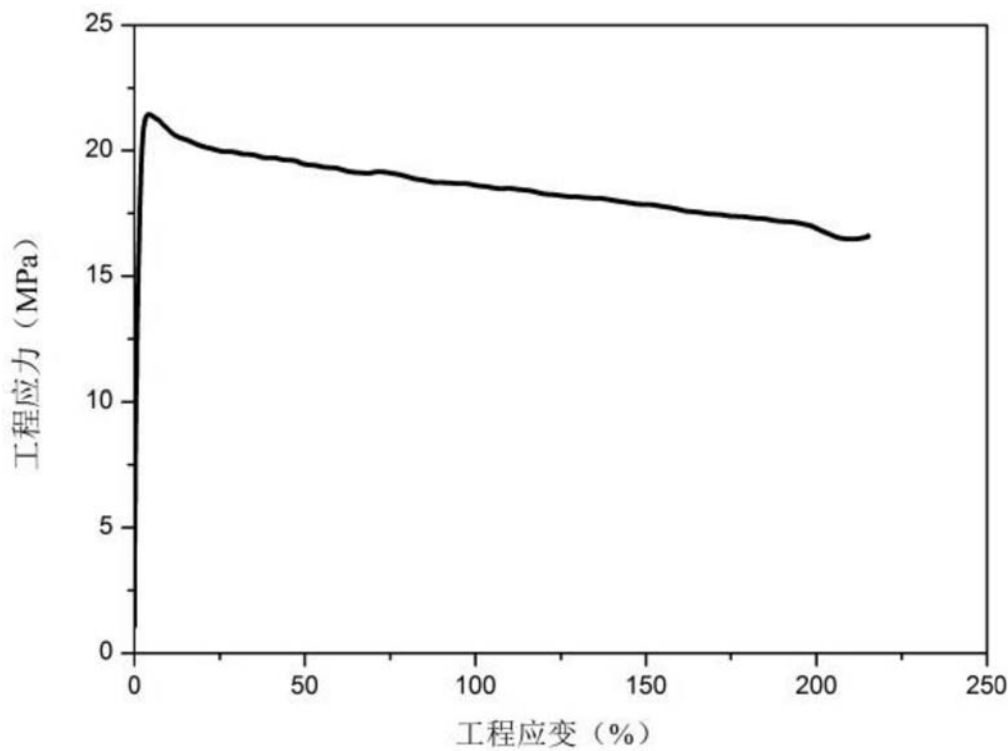


图5

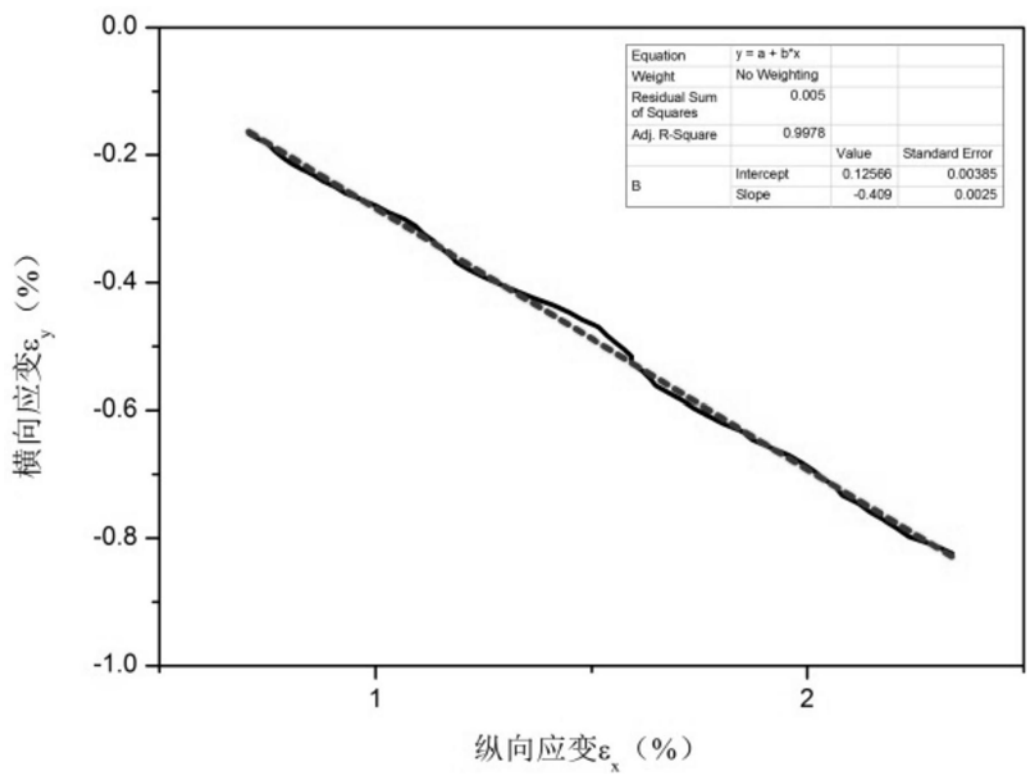


图6

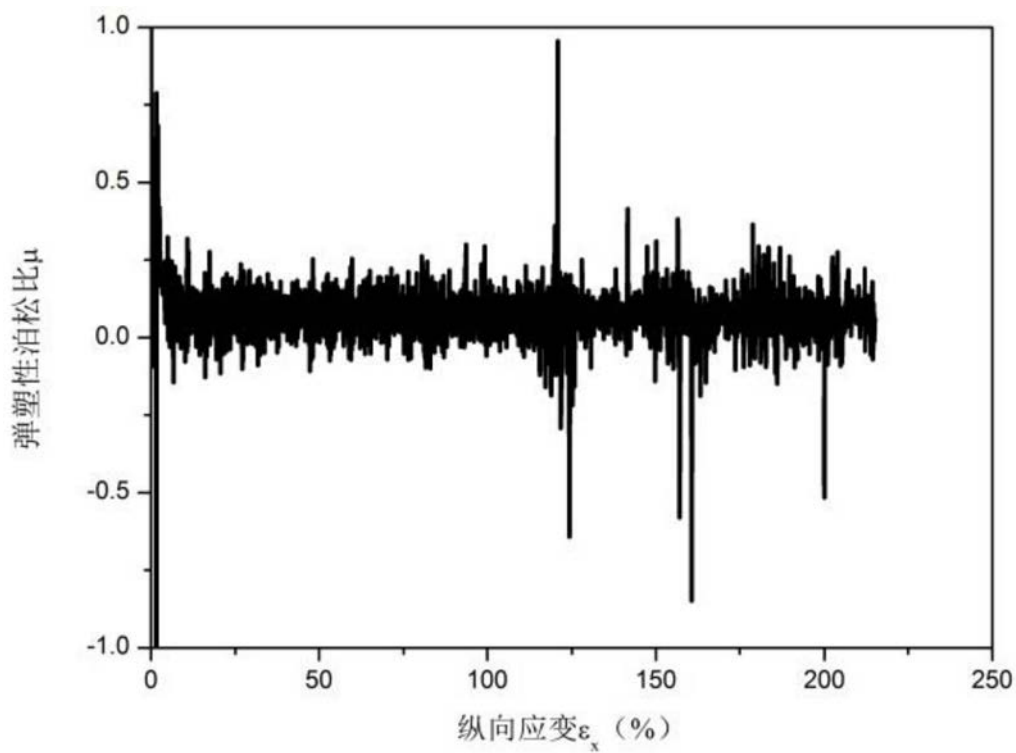


图7

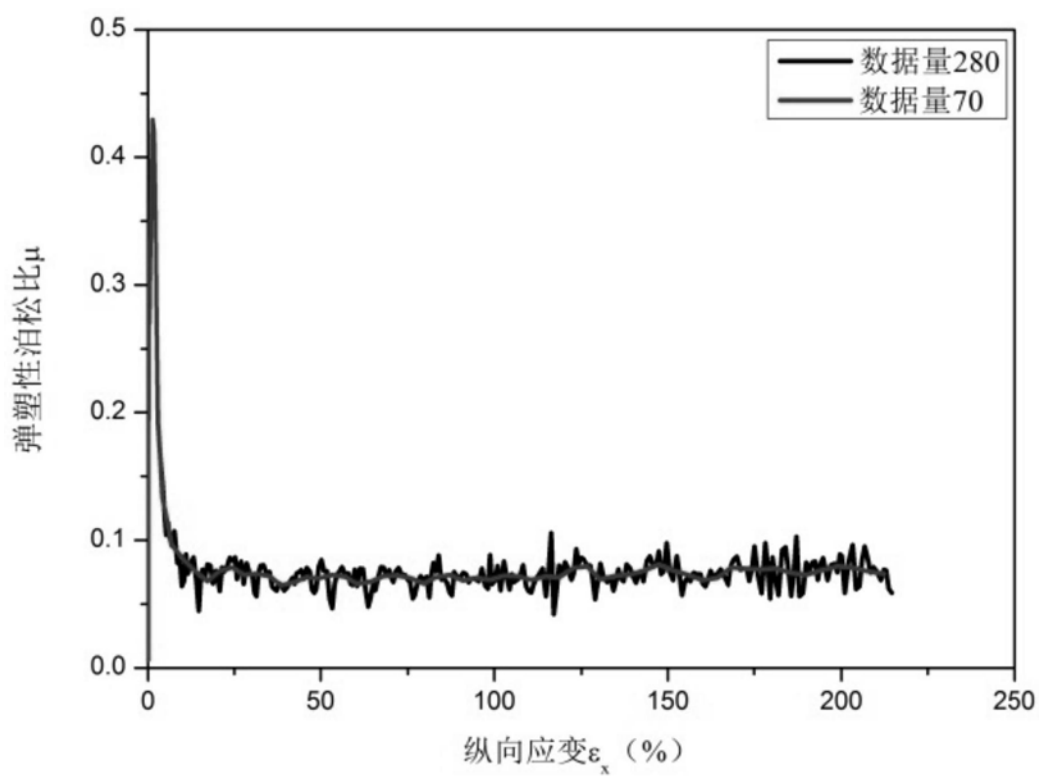


图8

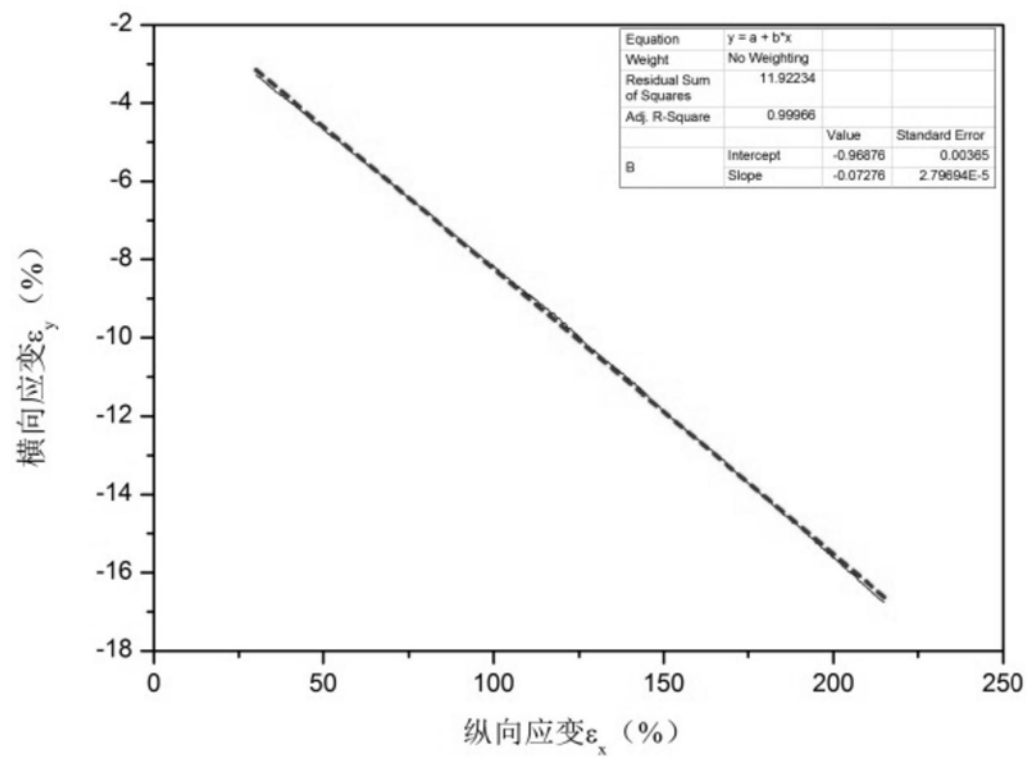


图9

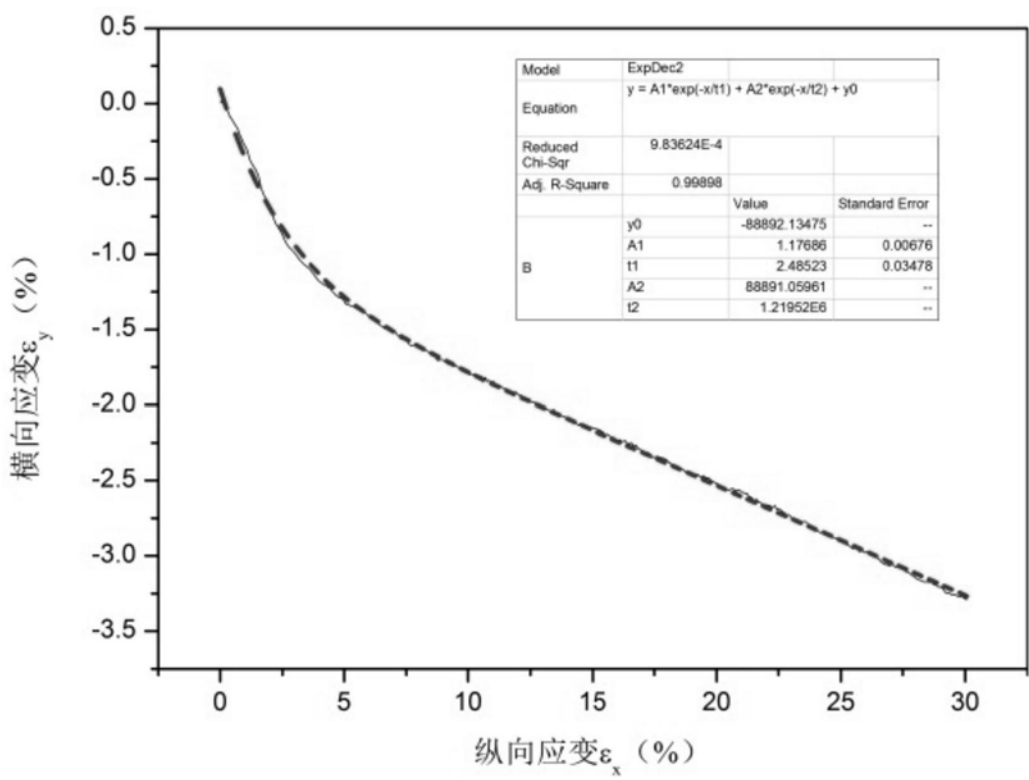


图10

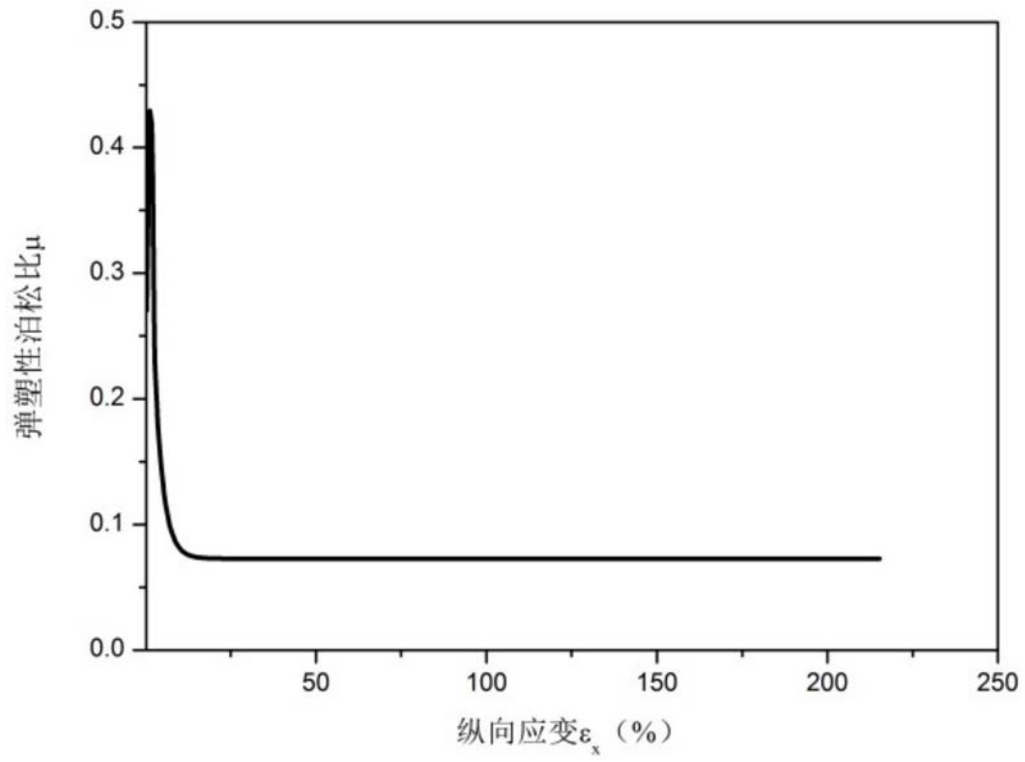


图11

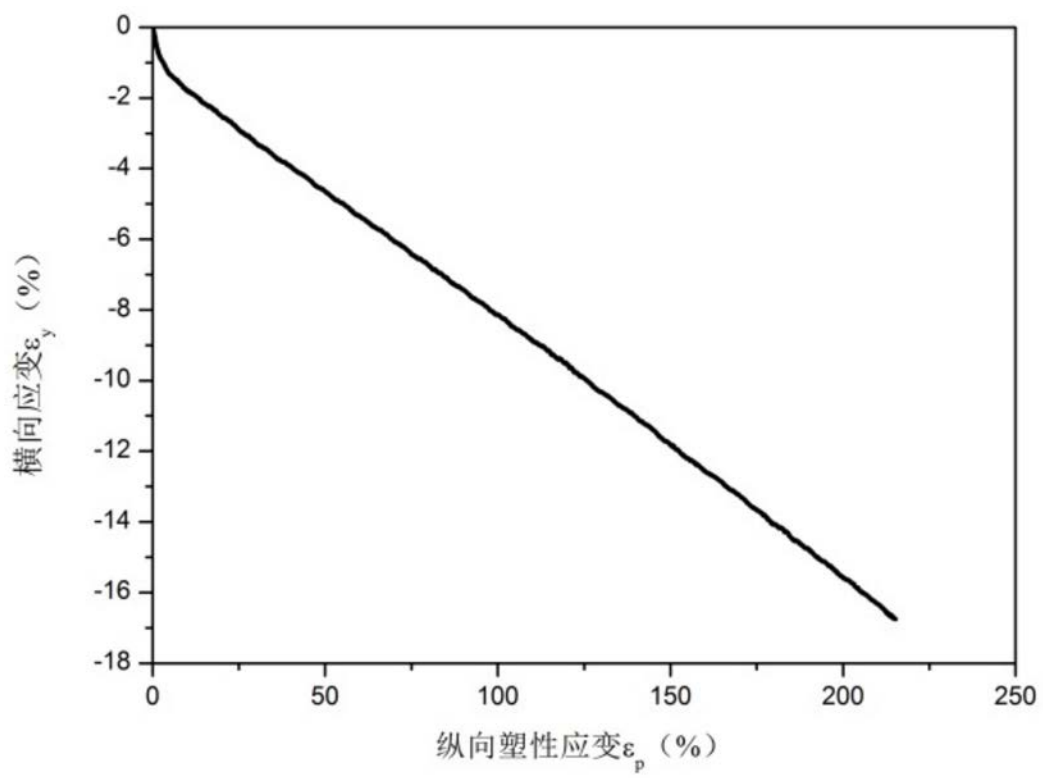


图12

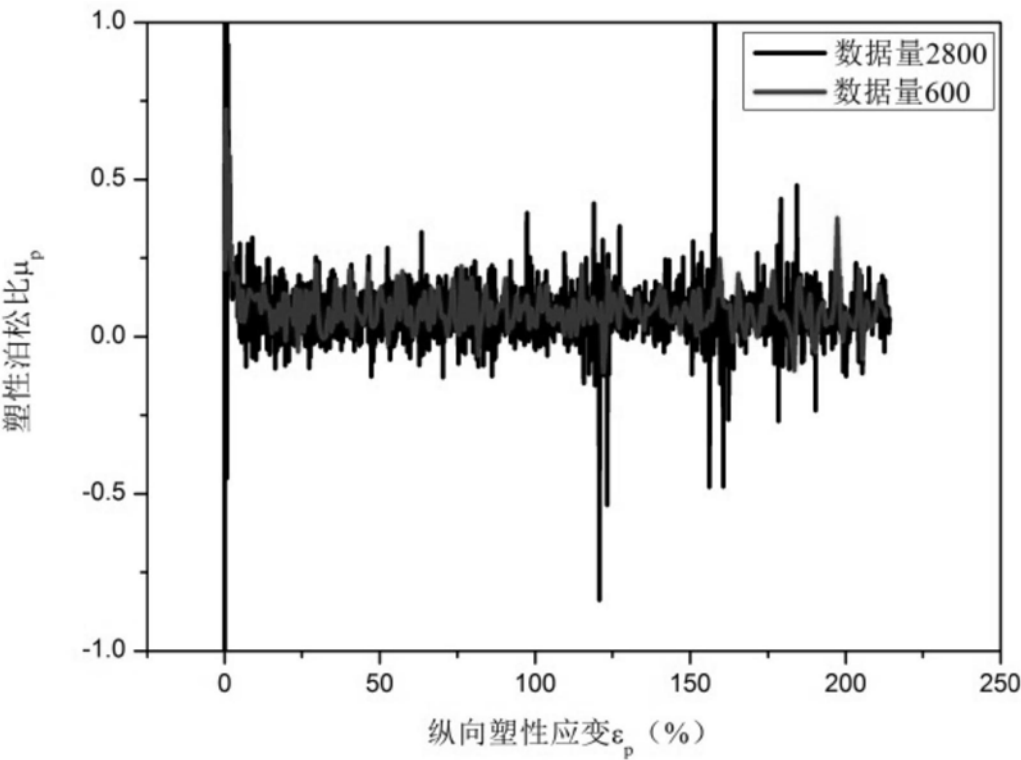


图13

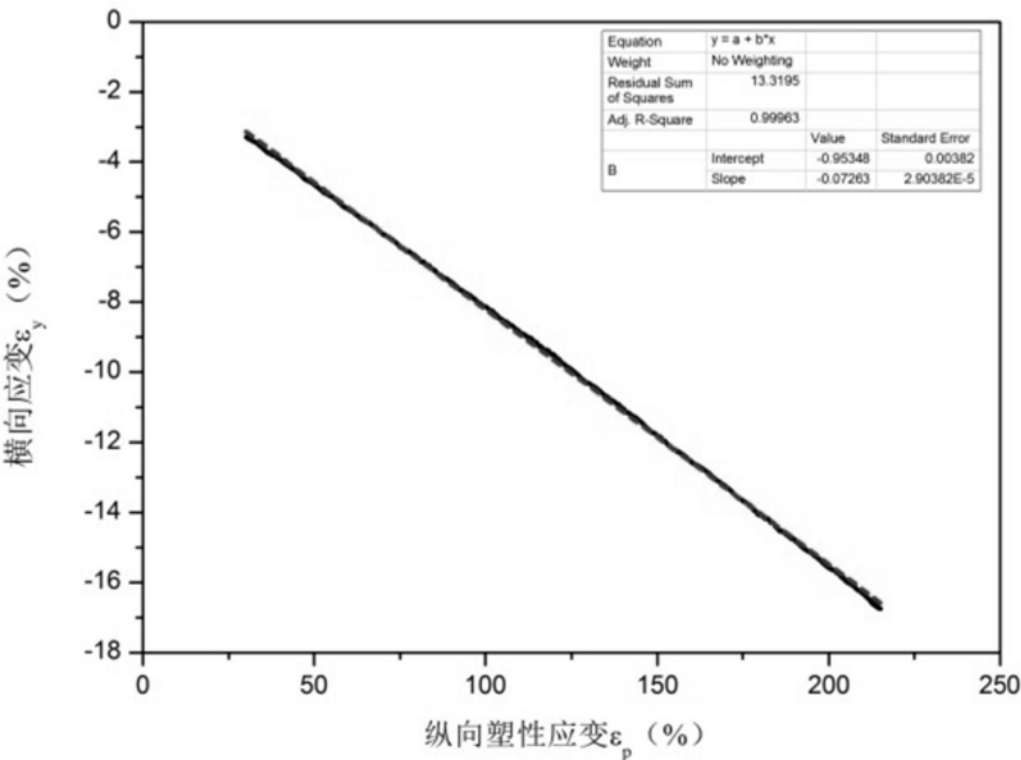


图14

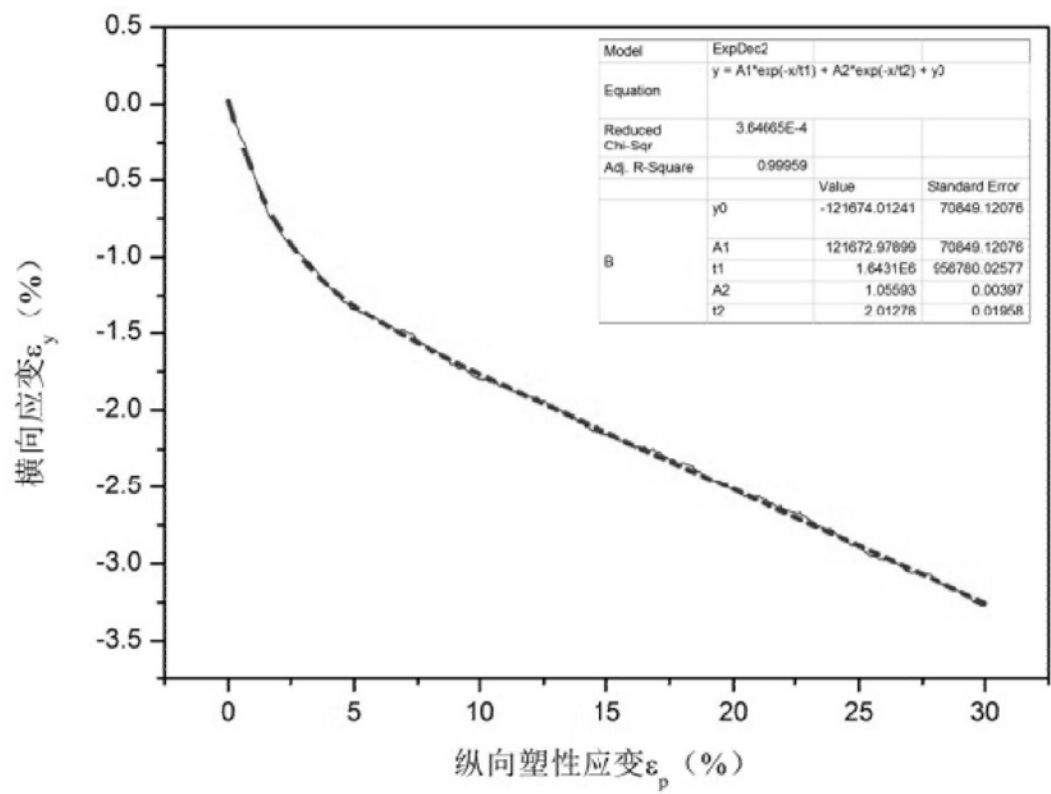


图15

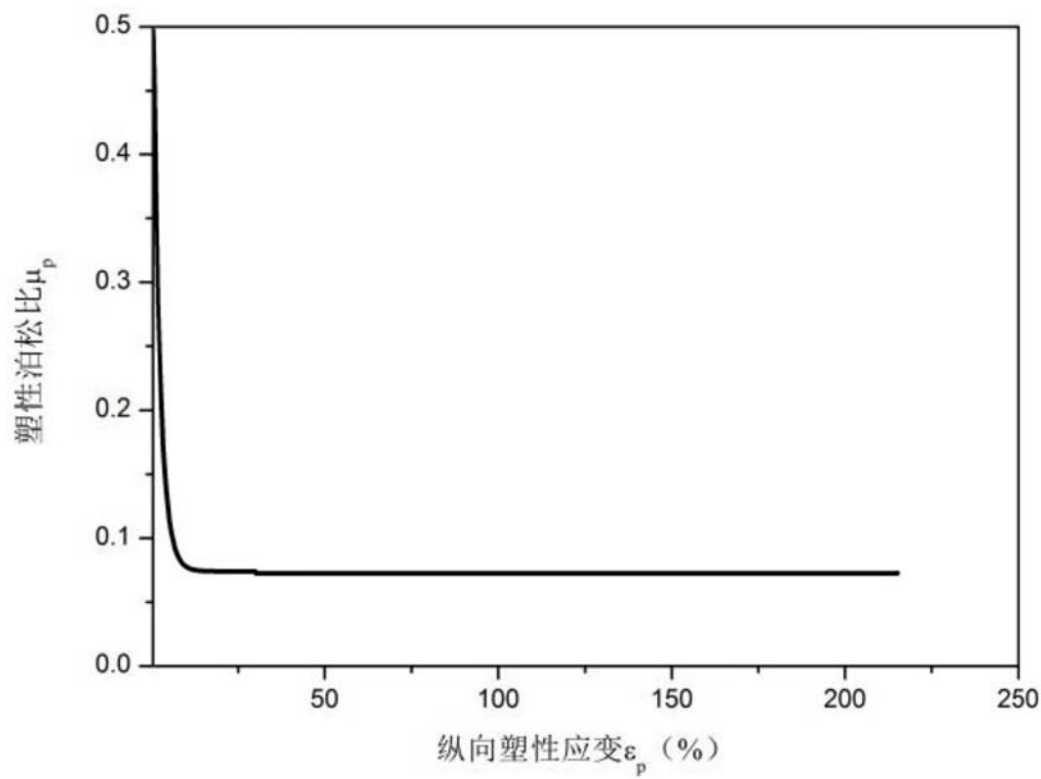


图16