



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116735344 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 12

(21) 申请号 202310111136.9

(22) 申请日 2023.02.14

(71) 申请人 中国科学院武汉岩土力学研究所
地址 430071 湖北省武汉市武昌区水果湖
街小洪山2号

(72) 发明人 董毅 高宇 张福海

(74) 专利代理机构 北京众达德权知识产权代理
有限公司 11570
专利代理师 刘杰

(51) Int. Cl .
G01N 3/08 (2006.01)
G01N 3/42 (2006.01)
G01N 3/06 (2006.01)

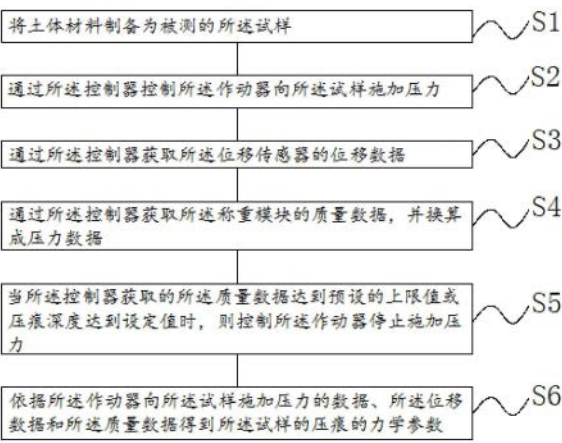
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法
及微米压痕仪

(57) 摘要

本发明提供本发明提出了一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法及微米压痕仪,压痕测试方法包括:先将土体材料制备为被测的试样,然后通过控制器控制作动器向试样施加压力,然后通过位移传感器获取作动器的位移数据以及通过称重模块获取试块的质量数据,当控制器获取到的称重模块的质量数据在单位时间区间内不变时,则控制作动器停止施加压力,最后,在依据作动器向试样施加的压力数据、位移传感器的位移数据和称重模块的质量数据获取试样压痕的力学参数,进而为土体材料的试样的内部结构性能研究提供试验参照。可广泛应用于微米压痕试验技术领域。



1. 一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法,所述测试方法应用于微米压痕测试仪,所述微米压痕仪包括用于放置试样的称重模块、用于对所述试样进行压力测试的作动器,设置在所述作动器上的位移传感器,以及与所述称重模块、所述作动器和所述压力传感器电连接的控制器;其特征在于,所述试验方法包括:

将土体材料制备为被测的所述试样;

通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力;

通过所述控制器获取所述位移传感器的位移数据;

通过所述称重模块的质量数据,并换算成压力数据;

当所述质量数据达到预设的上限值或压痕深度达到设定值时,则控制所述作动器停止施加压力;

依据所述作动器向所述试样施加压力的数据、所述位移数据和所述质量数据得到所述试样的压痕的力学参数。

2. 根据权利要求1所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于,所述将土体材料制备为被测的所述试样包括:

将干燥过筛后的土粉颗粒通过模具压制成预设尺寸的土饼;

对所述土饼进行称重,若所述土饼在单位时间区间内的重量保持不变,则对所述土饼的表面进行打磨和平整,以得到所述试样。

3. 根据权利要求2所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于,所述通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力包括:

通过所述控制器控制所述作动器以恒定的速度向所述试样施加压力。

4. 根据权利要求3所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于:

将所述作动器向所述试样施加压力的恒定速度设置为 $0.1\mu\text{m/s}$ - $10\mu\text{m/s}$ 。

5. 根据权利要求4所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于,通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力包括:

通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加 1 - 2.15N 的压力。

6. 根据权利要求5所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于,所述控制所述作动器停止施加压力后,所述方法还包括:

通过所述控制器控制所述作动器以恒定的速度进行压力卸载,使所述作动器恢复至原始位置。

7. 根据权利要求6所述的基于激光位移测距的微米压痕测试方法,其特征在于,所述对所述土饼的表面进行打磨和平整后,所述方法还包括:

检测所述土饼的平直度,以使所述土饼的上表面与下面表平行;

检测所述土饼的平行度,使所述土饼的被测表面与所述作动器的中轴线垂直;

检测所述土饼的平整度,使所述土饼的上表面与所述下表面无凸起和凹陷。

8. 一种微米压痕仪,用于对有土体材料制备的试样进行压痕试验,其特征在于,所述微米压痕仪包括:

立架,所述立架包括一对对立设置的立柱,以及设置在一对所述立柱之间的横梁;

设置在所述立架正下方的称重模块,所述称重模块上用于放置所述试样;

设置在立架上的作动器,所述作动器包括驱动组件和压杆,所述驱动组件的驱动端连

接所述压杆的一端,所述驱动组件设置在所述立架的横梁上,并位于所述称重模块的正上方,所述驱动组件用于驱动所述压杆向所述压杆的一端至所述压杆的另一端发生直线运动,以使所述压杆的另一端向所述称重模块上的所述试样嵌入;

位移传感器,所述位移传感器的检测端与所述压杆连接,所述位移传感器的非检测端通过一支架连接于固定平面;

控制器,所述控制器与所述作动器、所述称重模块和所述位移传感器电连接。

9. 根据权利要求8所述的微米压痕仪,其特征在于:

所述压杆的另一端为可拆卸结构,且所述可拆卸的结构形状包括下述形状当中的一种:棱锥形状、圆锥形状、球形形状和圆柱形状。

10. 根据权利要求9所述的微米压痕仪,其特征在于:所述压痕仪还包括面包板;

所述面包板的下表面设置有支撑脚,所述面包板的上表面为水平的结构面;

其中,所述称重模块、所述立架均设置在所述面包板的上表面。

一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法及微米压痕仪

技术领域

[0001] 本发明属于微米压痕试验技术领域,特别涉及一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法及微米压痕仪。

背景技术

[0002] 随着科学技术的发展,针对不同材料进行力学测试的仪器设备也日新月异。常用的力学测试设备有通过对材料进行拉伸或压缩得到荷载-位移曲线并计算强度刚度的材料试验机,由于常用的力学测试手段均无法对各种材料进行精细有效的无损或微损式探测,且实验步骤繁琐,因而逐渐发展出了材料压痕测试方法及仪器。起初是为了通过该仪器得到材料的硬度、之后逐渐发展为根据压头压入材料的荷载-压入深度曲线分析硬度、弹性模量、刚度等力学参数的标准化压入仪器。

[0003] 传统的压痕实验仪器有荷载在 $10^{-2} \sim 10^{-1}$ N量级、压入深度在纳米至几微米量级的纳米压入仪;荷载量程在 10^2 N量级及以上、压入深度在微米至压毫米量级的宏观压入仪。目前已有的压痕仪器多是针对金属材料、陶瓷材料、岩石材料等硬度较大材料设计制造的,由于其荷载及压入深度测量尺度过大或过小,无法应用于所有材料,例如硬度较低的土体材料或其他材料,仅仅需要1~2N的力便可形成几十或几百微米深度的压痕。

[0004] 因此,如何针对低硬度材料、且压入深度尺度满足材料要求、且满足材料受力和位移测试精度的细观尺度的低荷载范围内的微米压痕测试仪,效弥补目前已有的压痕实验仪器的材料应用范围,实现压痕实验技术更加广泛的发展,是本领域技术人员亟需解决的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明提供一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法,以至少解决上述技术问题;

[0006] 为了解决上述问题,本发明的第一方面提供一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法,所述微米压痕仪包括用于放置试样的称重模块、用于对所述试样进行压力测试的作动器、位移传感器,以及与所述称重模块和所述压力传感器电连接的控制器;所述试验方法包括:将土体材料制备为被测的所述试样;通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力;通过所述控制器获取所述位移传感器的位移数据;通过所述控制器获取所述称重模块的质量数据,并换算成压力数据;当所述控制器获取的所述质量数据达到预设的上限值或压痕深度达到设定值时,则控制所述作动器停止施加压力;依据所述作动器向所述试样施加压力的数据、所述位移数据和所述质量数据得到所述试样的压痕结构的力学参数。

[0007] 在第一方面中,所述将土体材料制备为被测的所述试样包括:将干燥过筛后的土粉颗粒通过模具压制预设尺寸的土饼,且具体直径为:直径为3.75cm、厚度为0.75cm;将所述土饼放置在真空环境下,加水饱和后脱模,并在自然条件下阴干;对所述土饼进行称

重,若所述土饼在单位时间区间内的重量保持不变,则对所述土饼的表面进行打磨和平整,以得到所述试样。

[0008] 在第一方面中,所述通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力包括:通过所述控制器控制所述作动器以恒定的速度向所述试样施加压力。

[0009] 在第一方面中,将所述作动器向所述试样施加压力的恒定速度设置为 $0.1\mu\text{m/s}$ - $10\mu\text{m/s}$ 。

[0010] 在第一方面中,通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加压力包括:通过所述控制器控制所述作动器向所述试样施加 $1-2.15\text{N}$ 的压力。

[0011] 在第一方面中,所述控制所述作动器停止施加压力后,所述方法还包括:通过所述控制器控制所述作动器以恒定的速度进行压力卸载,使所述作动器恢复至原始位置。

[0012] 在第一方面中,所述对所述土饼的表面进行打磨和平整后,所述方法还包括:检测所述土饼的平直度,以使所述土饼的上表面与下面表平行;检测所述土饼的平行度,使所述土饼的被测表面与所述作动器的中轴线垂直;检测所述土饼的平整度,使所述土饼的上表面与所述下表面无凸起和凹陷。

[0013] 第二方面,本发明提供了一种微米压痕仪,用于对有土体材料制备的试样进行压痕试验,所述微米压痕仪包括:立架,所述立架包括一对对立设置的立柱,以及设置在一对所述立柱之间的横梁;设置在所述立架正下方的称重模块,所述称重模块上用于放置所述试样;设置在立架上的作动器,所述作动器包括驱动组件和压杆,所述驱动组件的驱动端连接所述压杆的一端,所述驱动组件设置在所述立架的横梁上,并位于所述称重模块的正上方,所述驱动组件用于驱动所述压杆向所述压杆的一端至所述压杆的另一端发生直线运动,以使所述压杆的另一端向所述称重模块上的所述试样嵌入;位移传感器,所述位移传感器的检测端与所述压杆连接,所述位移传感器的非检测端通过一支架连接于固定平面;控制器,所述控制器与所述作动器、所述称重模块和所述位移传感器电连接。

[0014] 在第二方面中,所述压杆的另一端为可拆卸结构,且所述可拆卸的结构形状包括下述形状当中的一种:棱锥形状、圆锥形状、球形形状和圆柱形状。

[0015] 在第二方面中,所述压痕仪还包括面包板;所述面包板的下表面设置有支撑脚,所述面包板的上表面为水平的结构面;其中,所述称重模块、所述立架均设置在所述面包板的上表面。

[0016] 有益效果:本发明提出了一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法,先将土体材料制备为被测的试样,然后通过控制器控制作动器向试样施加压力,然后通过位移传感器获取作动器的位移数据以及通过称重模块获取试块的质量数据,当控制器获取到的称重模块的质量数据在单位时间区间内不变时,则控制作动器停止施加压力,最后,在依据作动器向试样施加的压力数据、位移传感器的位移数据和称重模块的质量数据获取试样压痕的力学参数,进而为土体材料的试样的内部结构性能研究提供试验参照。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图

获得其他的附图。

[0018] 图1为本发明实施例一的基于激光位移测距的微米压痕测试方法的流程框图；

[0019] 图2为本发明实施例二的微米压痕仪结构示意图；

[0020] 图3为本发明为实施例一作动器位移、天平变形、力、压入深度随时间的关系曲线图；

[0021] 图4为本发明的实施例一荷载-压入深度曲线图一；

[0022] 图5为本发明的实施例一荷载-压入深度曲线图二；

[0023] 图6为本发明的实施例一荷载-压入深度曲线图三；

[0024] 图中标号：

[0025] 1-试样；

[0026] 2-称重模块；

[0027] 3-作动器；

[0028] 4-位移传感器；

[0029] 5-可拆卸结构；

[0030] 6-面包板；

[0031] 7-横梁；

[0032] 8-立柱；

[0033] 9-支架；

[0034] 10-控制器。

具体实施方式

[0035] 下面将结合附图，对本发明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所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0036] 同时，本说明书实施例中，当组件被称为“固定于”另一个组件，它可以直接在另一个组件上或者也可以存在居中组件。当一个组件被认为是“连接”另一个组件，它可以是直接连接到另一个组件或者可能同时存在居中组件。当一个组件被认为是“设置于”另一个组件，它可以是直接设置在另一个组件上或者可能同时存在居中组件。本说明书实施例中所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明目的，并不是旨在限制本发明。

[0037] 实施例一：

[0038] 如图1-6所示，一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法，微米压痕仪包括用于放置试样的称重模块、用于对试样进行压力测试的作动器，设置在作动器上的位移传感器，以及与称重模块、作动器和压力传感器电连接的控制器；

[0039] 其中，试验方法包括：将土体材料制备为被测的试样；通过控制器控制作动器向试样施加压力；通过控制器获取位移传感器的位移数据；通过控制器获取称重模块的质量数据，并换算成压力数据；当控制器获取的质量数据达到预设的上限值或压痕深度达到设定值时，则控制作动器停止施加压力；依据作动器向试样施加压力的数据、位移数据和质量数据得到试样的压痕结构的力学参数。

[0040] 具体而言,本发明提出了一种基于激光位移测距的微米压痕测试方法,先将土体材料制备为被测的试样,然后通过控制器控制作动器向试样施加压力,然后通过位移传感器获取作动器的位移数据以及通过称重模块获取试块的质量数据,当控制器获取到的称重模块的质量数据在单位时间区间内不变时,也即当控制器获取到的称重模块的质量数据达到预设的上限值或压痕深度达到设定值时,则控制作动器停止施加压力,最后,在依据作动器向试样施加的压力数据、位移传感器的位移数据和称重模块的质量数据获取试样压痕的力学参数,进而为土体材料的试样的内部结构性能研究提供试验参照。

[0041] 需要说明的是,本实施例一中的压痕深度=作动器的位移-称重模块托盘的变形,纳米压痕需要采用不同的传感器,宏观尺度的压痕实验由于压痕深度较大,不需要考虑压力传感器本身的变形,而本实施例一中的微米压痕,压力和压痕变形介于纳米压痕和宏观毫米级压痕两者之间,需要考虑传感器本身的变形,以及测试的精度和采样率。以及在此基础上的压痕力学特性分析(弹性模量、接触刚度、硬度等力学特性)。

[0042] 在一些可能的实施方式中,将土体材料制备为被测的试样包括:将干燥过筛后的土粉颗粒通过模具压制预设尺寸的土饼,具体尺寸包括:直径为3.75cm、厚度为0.75cm的土饼;然后,将土饼放置在真空环境下,加水饱和后脱模,并在自然条件下阴干;对土饼进行称重,若土饼在单位时间区间内的重量保持不变,则对土饼的表面进行打磨和平整,以得到试样。

[0043] 具体地,本实施一中的土体材料可选用庆阳黄土进行制备,且在土饼进行脱模后进行自然风干的原因是,为了避免其失水过快出现干缩裂缝,影响实验测量。

[0044] 在一些可能的实施方式中,通过控制器控制作动器向试样施加压力包括:通过控制器控制作动器以恒定的速度向试样施加压力,这是由于试样为土体材料制备而成,承受载荷的能力较弱,如果在单位时间内施加压力的加速度过大,则有可能造成对土体材料的冲击而使土体材料破碎,进而导致试验终止,本实施例一提出一种优选的实施方式,将作动器向试样施加压力的恒定速度设置为 $8\mu\text{m/s}$ 。这样就使得作动器能够持续且稳定地对土样进行压力推进,进而有效获得试样的试验数据。

[0045] 通过控制器控制作动器向试样施加压力包括:通过控制器控制作动器向试样施加1-2N的压力。

[0046] 在一些可能的实施方式中,控制作动器停止施加压力后,方法还包括:通过控制器控制作动器以恒定的速度进行压力卸载,使作动器恢复至原始位置。这样就可以使得试样在试验后能够保存完成的试验压痕,继而依据压痕得到有效的物理参照。

[0047] 在一些可能的实施方式中,对土饼的表面进行打磨和平整后,方法还包括:检测土饼的平直度,以使土饼的上表面与下面表平行;检测土饼的平行度,使土饼的被测表面与作动器的中轴线垂直;检测土饼的平整度,使土饼的上表面与下表面无凸起和凹陷。

[0048] 通过对土饼平直度、平行度和平整度的检测即可筛选误差较小的成品试样,继而保障了压痕试验的准确性。

[0049] 总体而言,本发明的实施例一中,首先启动作动器,通过控制器给作动器设置一个固定的加载速度,记录称重模块质量及位移传感器随时间的变化,待天平读数达到设定荷载值后停止作动器加载,直到称重模块读数基本保持不变,再以相同的速率卸载至称重模块读数为0。且上述过程需要经历三个阶段,分别是加载阶段、静载阶段和卸载阶段;其中:

[0050] 加载阶段包括：启动作动器，通过控制器给定作动器以一个固定的加载速率向下移动，当可拆卸作动器接触到土样材料时，称重模块读数开始缓慢增加，作动器在荷载的作用下逐渐压入材料。

[0051] 静载阶段包括：待称重模块读数达到预先设定好的值后，保持作动器当前位置不变，此时由于材料的松弛，荷载会突然降低并逐渐保持稳定。

[0052] 卸载阶段包括：当称重模块示数达到一个相对稳定的值后，作动器以相同的速率开始卸载，称重模块示数开始逐渐降低，直至为零。

[0053] 请参阅图6，标记11为圆柱形；标记12为扁锥形；标记13为球形；标记14为长锥形；标记15为 $1\mu\text{m/s}$ ，标记16为 $2\mu\text{m/s}$ ，标记17为 $5\mu\text{m/s}$ ，标记18为 $6\mu\text{m/s}$ ；标记19为 $10\mu\text{m/s}$ 。

[0054] 实施例二：

[0055] 如图2所示，本发明的实施例二提供了一种微米压痕仪，用于对有土体材料制备的试样1进行压痕试验，微米压痕仪包括：立架、设置在立架正下方的称重模块2，设置在立架上的作动器3、位移传感器4和控制器10；

[0056] 其中，立架包括一对对立设置的立柱8，以及设置在一对立柱8之间的横梁7；称重模块2上用于放置试样1；作动器3包括驱动组件和压杆，驱动组件的驱动端连接压杆的一端，驱动组件设置在立架的横梁7上，并位于称重模块2的正上方，驱动组件用于驱动压杆向压杆的一端至压杆的另一端发生直线运动，以使压杆的另一端向称重模块2上的试样1嵌入；位移传感器4的检测端与压杆连接，位移传感器4的非检测端通过一支架9连接于固定平面；控制器10与作动器3、称重模块2和位移传感器4电连接。

[0057] 具体而言，在上述的实施例二中，通过控制器控制作动器3向设置在称重模块2上的由土体材料制备而成的试样1进行作动，以在试样1上施加力而产生压痕，然后利用位移传感器4记录作动器3的位移数据和称重模块2的质量数据，当质量数据在单位时间区间内不发生变化，则控制作动器3停止作动，且依据作动器3作动的单位时间区间内位移数据和质量数据得到用于试样1压痕的力学参数数据，进而依据该力学参数数据得到试样1的受力规律，为同等材质的试样1材料的物理特性提供参照。

[0058] 在另一些可能的实施方式中，压杆的另一端为可拆卸结构5，且所述可拆卸结构5形状包括下述形状当中的一种：棱锥形状、圆锥形状、球形形状和圆柱形状。

[0059] 这样就使得压杆在对试样1进行压痕试验时能够通过棱锥形状、圆锥形状、球形形状和圆柱形状的可拆卸结构5快速刺入试样1内部。

[0060] 在另一些可能的实施方式中，压痕仪还包括面包板6；面包板6的下表面设置有支撑脚，面包板6的上表面为水平的结构面；其中，称重模块2、立架均设置在面包板6的上表面。

[0061] 这样就使得称重模块2、立架均位于同一水平面，保障了试样1的水平度和作动器3的压杆的垂直度，进而使试验数据更准确。

[0062] 最后应说明的是：以上上述实施例，仅为本发明的具体实施方式，用以说明本发明的技术方案，而非对其限制，本发明的保护范围并不局限于此，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改、变化或者替换，并不使

相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的范围。都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

[0063] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但其并不仅仅限于说明书和实施方式中所列运用,它完全可以被适用于各种适合本发明的领域,对于熟悉本领域的人员而言,可容易地实现另外的修改,因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限于特定的细节和这里示出与描述的图例。

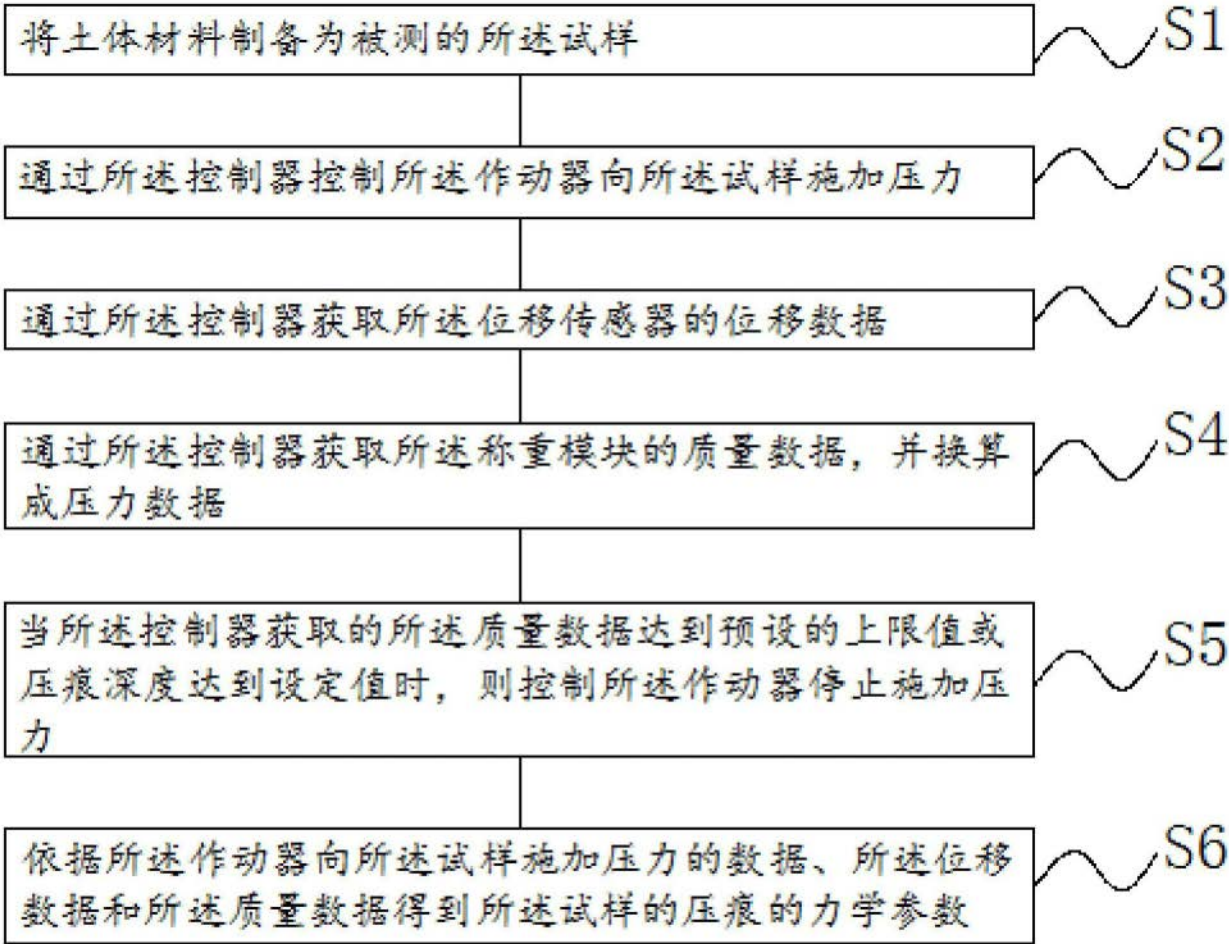


图1

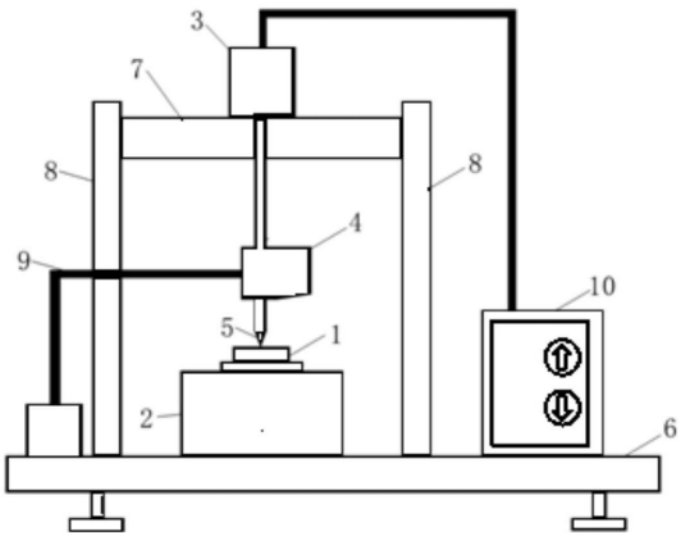


图2

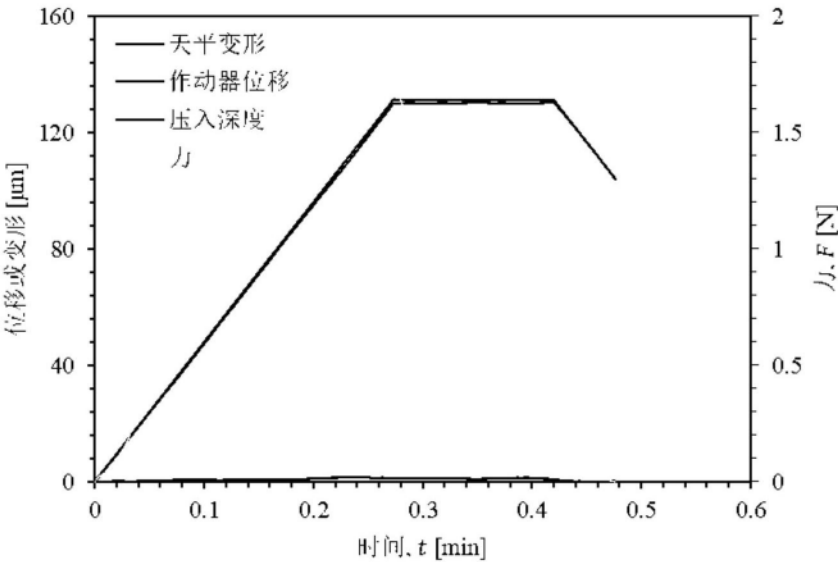


图3

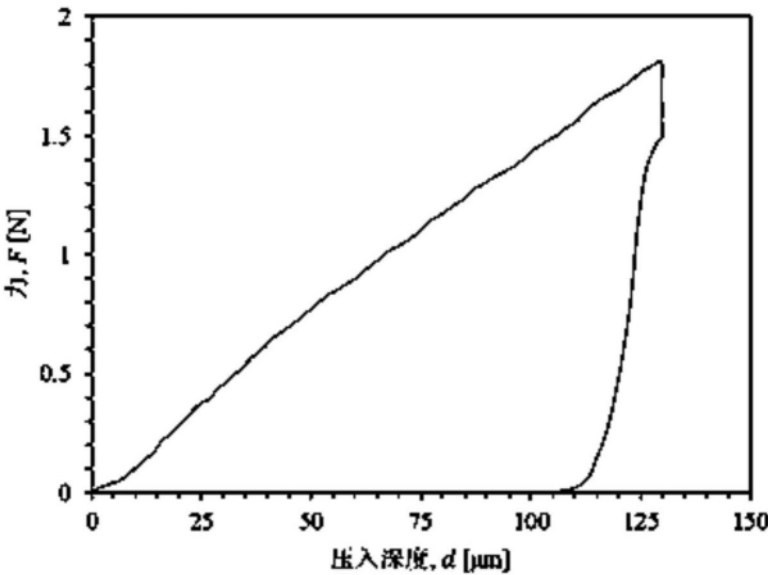


图4

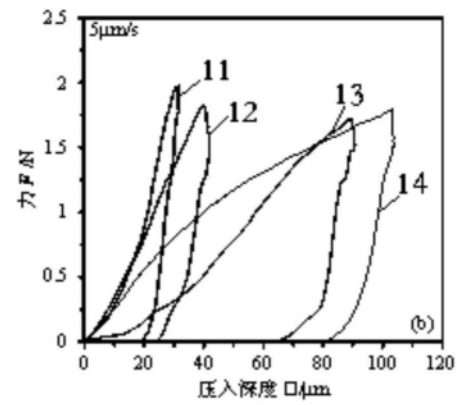


图5

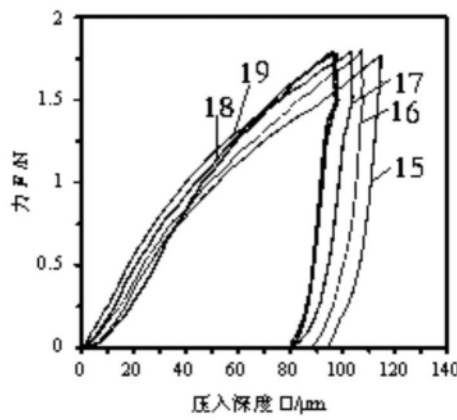


图6