

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 11 月 3 日 (03.11.2016)

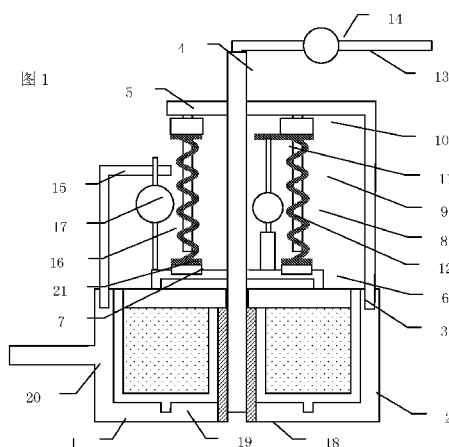


(10) 国际公布号
WO 2016/173365 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 3/24 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/077925
- (22) 国际申请日: 2016 年 3 月 30 日 (30.03.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510212883.7 2015 年 4 月 29 日 (29.04.2015) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 苏栋 (SU, Dong); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市科吉华烽知识产权事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KINDWOLF INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市南山区深南西路深南花园裙楼 A 区四层 402 室, Guangdong 518000 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: HANDHELD CONSTANT-STIFFNESS RING SHEAR APPARATUS AND METHOD FOR USING SAME

(54) 发明名称: 一种手持式常刚度环剪仪及其使用方法



(57) Abstract: A handheld constant-stiffness ring shear apparatus comprises a base (1) and an annular steel frame (2) sleeved inside the base (1). An upper cover (3) is buckled at the top of the steel frame (2). A pressure transfer plate (6) is fixed at an upper portion of the upper cover (3). A rotating shaft (4) is vertically provided at a center of the base (1). The rotating shaft (4) passes through and is fixed with the pressure transfer plate (6). A wrench (13) is fixed at a top end of the rotating shaft (4), and is embedded with a data display meter (14) thereon. A spring bracket (5) is fixed on a side wall of the base (1). A spring guide rod (8) is vertically fixed below the spring bracket (5). A stop nut (10) is sleeved at an upper end of the spring guide rod (8). A spring (9) is sleeved on the spring guide rod (8) below the stop nut (10). A sliding block (7) is pressed by a lower end of the spring (9), and is arranged on the pressure transfer plate (6). A first clamp (11) is connected between an upper end of the spring (9) and the pressure transfer plate (6), and is mounted with a first dial indicator (12) thereon. The handheld constant-stiffness ring shear apparatus is convenient to carry, easy to operate, economical and practical, and is used to measure an anti-shearing force of a soil sample under a constant stiffness condition and a volume change in a shearing process in the field on site.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/173365 A1



一种手持式常刚度环剪仪，包括底座（1）和套设在该底座（1）内的环形钢框（2），所述钢框（2）顶部扣合有上盖（3），该上盖（3）上部固定有传压板（6），所述底座（1）中央垂直设置有一转轴（4），该转轴（4）穿过所述传压板（6）并与该传压板（6）固定，所述转轴（4）顶端固定有扳手（13），该扳手（13）上嵌有数显表（14）；所述底座（1）的侧壁上固定有弹簧支架（5），该弹簧支架（5）下方垂直固定有弹簧导杆（8），该弹簧导杆（8）上端套设有限位螺母（10），该限位螺母（10）下方的弹簧导杆（8）上套设有弹簧（9），该弹簧（9）下端压有滑块（7），该滑块（7）搁置在所述传压板（6）上；所述弹簧（9）的上端和传压板（6）之间连接有第一夹具（11），该第一夹具（11）上安装有第一百分表（12）。该手持式常刚度环剪仪携带方便、操作简单、经济实用，用于在野外现场对土样在常刚度条件下的抗剪切力和剪切过程中的体变进行测定。

一种手持式常刚度环剪仪及其使用方法

技术领域

本发明涉及用机械应力测试固体材料特性领域，尤其涉及一种手持式常刚度环剪仪及其使用方法。

背景技术

环剪仪在 20 世纪 20 年代开始被研制，之后的几十年，环剪仪的发展几乎停止，直到 20 世纪 60 年代残余强度研究的兴起才使得环剪仪的研究复燃，继而研究和开发出了各种在室内实验室使用的环剪仪。

目前室内环剪仪按其结构特征可分为两种类型：单环式环剪仪和双环式环剪仪。与其他土工试验方法相比，这些环剪仪具有两个共同的优点，即在试验过程中可以保持剪切面面积不变和试样可在连续的位移条件下进行剪切。单环式环剪仪在试验过程中将土样装入圆筒形试样盒中，通过上部加压板对试样施加垂向压力和扭转剪力。此类型环剪仪的主要优点是在剪切试验过程中，不会发生土样渗漏问题。双环式环剪仪使土样沿上下各自独立的环状剪切盒中部的预设面进行剪切，以期达到减少试验过程中沿剪切面处应力与应变分布的不均匀性、减少土样与剪切环间阻力以及消除剪切环边缘应力集中的目的。

随着技术手段的进步，现代室内环剪仪能够通过伺服控制系统和剪切环间缝传感器保证各种试验条件下剪切过程中不排水状态的实现，并能够保证排水和不排水试验条件的实施和转换，同时计算机控制和高感度记录设备的应用也使得试验数据的分析处理更加方便快捷。但随着现代环剪试验系统日益复杂化和精密化，环剪仪的制造成本和使用成本逐渐增加，仪器的日常维护和保养费用变得日益昂贵。而且，现有的环剪仪设备复杂，体积大，只能在室内实验室使用，不能在野外现场使用，只能输出恒定压力。

发明内容

本发明的目的是提供一种手持式常刚度环剪仪及其使用方法，用于在野外现场对土样在常刚度条件下的抗剪切力和剪切过程中的体变进行测定。仪器携带方便、操作简单、经济实用，输出压力可调。

本发明的一个技术方案是一种手持式常刚度环剪仪，包括底座和套设在该底座内的环形钢框，所述钢框顶部扣合有环形上盖，该上盖上部固定有传压板，所述底座中央垂直设置有一转轴，该转轴穿过所述传压板并与该传压板通过螺纹固定，所述转轴顶端固定有扳手，该扳手上嵌有数显表；所述底座的侧壁上通过螺纹固定有弹簧支架，该弹簧支架下方垂直固定有弹簧导杆，该弹簧导杆上端套设有限位螺母，该限位螺母下方的弹簧导杆上套设有弹簧，该弹簧下端压有滑块，该滑块搁置在所述传压板上；所述弹簧的上端和传压板之间连接有第一夹具，该第一夹具上安装有第一百分表；所述底座的侧壁上还固定有百分表支架，该百分表支架通过第二夹具与所述传压板连接，所述第二夹具上安装有第二百分表；所述手持式常刚度环剪仪的整体尺寸为 200mm×120mm×240mm。使用时，先将钢框中装好土样，调试好各部件，记下数显表、第一百分表和第二百分表的初始读数。转动扳手，所述数显表上的读数随着变化，所述转轴带动所述传压板和上盖转动，

土样被逐渐压紧，上盖带动传压板下降，初始压缩状态下的弹簧即时向下伸展，所述弹簧拉伸所述第一夹具，该第一夹具的拉伸使第一百分表的读数产生变化。随着所述传压板的下降，所述第二夹具也会向下拉伸，使第二百分表的度数产生变化。根据所述数显表的读数、环形土样的内径和外径，可以算出土样上的平均剪应力。根据弹簧的根数、弹簧的刚度系数、第一百分表的读数、环形土样的内径和外径可以算出土样上的平均法向应力。根据第二百分表的读数可以知道土样高度的变化，再结合土样的内径和外径，可以算出土样体积的变化。

本技术方案中的手持式常刚度环剪仪体积小，质量轻便，只有 2kg，费用低，便于野外现场使用；利用弹簧施加竖向力，无需外接压力源或加荷设备；通过设置不同的弹簧初始压缩量，可进行不同初始压力下的环剪实验；通过配置不同刚度的弹簧，可进行不同刚度下的常刚度环剪实验。

进一步地，所述转轴套设在轴承中，该轴承垂直固定在所述底座中央。所述转轴在轴承中转动，摩擦力小，转动灵活。

进一步地，钢框底部有限位桩，所述底座内限位槽，所述限位桩位于所述限位槽内，防止钢框在底座内水平滑动。

进一步地，所述底座外侧有手柄。便于固定仪器，也便于转动手柄。

进一步地，滑块上部有圆形的垫片，该垫片与弹簧下端接触，当传压板转动时，传压板上的环形的滑块位置不变，只在传压板表面滑动，所述圆形的垫片始终位于弹簧的正下方，避免弹簧发生弯折。

本发明的另一个技术方案是一种手持式常刚度环剪仪的使用方法，包括如下步骤：

S1、将刚性框取出，均匀装入土样；土样装完后，将土样面刮平，使土样高度达到要求，将刚性框放入仪器底座中；

S2、盖上上盖，将滑块放在传压板上，将垫片放在所述滑块上；

S3、安装弹簧支架、弹簧导杆、限位螺母、弹簧，并确保与弹簧连接的弹簧垫片置于传压板上的环形滑块上；

S4、调节限位螺母，使土样处于预压状态；

S5、安装弹簧支架、第一百分表和第一夹具，记录第一百分表的初始读数；安装百分表支架、第二百分表和第二夹具，记录第二百分表的初始读数；

S6、一只手握住底座手柄，另一只手通过扳手施加扭矩转动转轴，转轴带动传压板和上盖转动，在土样上表面产生剪应力对土样进行剪切；在此过程中，记录第一百分表、第二百分表和数显表的读数；

S7、试验结束后，拆除土样，根据第一百分表、第二百分表和数显表的读数，计算出作用在土样上的平均剪应力和平均法向应力。

本技术方案中的手持式常刚度环剪仪体积小，质量轻便，便于野外现场使用；利用弹簧施加竖向力，无需外接压力源或加荷设备；通过设置不同的弹簧初始压

缩量, 可进行不同初始压力下的环剪实验; 通过配置不同刚度的弹簧, 可进行不同刚度下的常刚度环剪实验。

进一步地, 所述步骤 S7 中, 预设环形土样的内径为 R_1 , 外径为 R_2 , 假定土样上的剪应力 τ 是均匀分布的, 在加载过程中由数显表的读数可知作用在土样上的扭矩 M , 根据静力平衡条件, 土样上的平均剪应力满足下列公式:

$$\tau = \frac{3M}{2\pi(R_2^3 - R_1^3)}$$

公式中, τ 是平均剪应力, M 表示作用在土样上的扭矩, R_1 为环形土样的内径, R_2 为环形土样的外径, π 取 3.14。

进一步地, 所述步骤 S7 中, 根据第一百分表的读数计算得到弹簧的压缩量 x , 作用在土样上的法向应力 F 满足下列公式:

$$F = n \cdot k \cdot x$$

上式中, F 表示法向应力, k 为弹簧的刚度系数, n 为弹簧的根数;

由法向应力 F 计算得土样上的平均法向应力 σ_n :

$$\sigma_n = \frac{F}{\pi(R_2^2 - R_1^2)}$$

上式中, σ_n 表示平均法向应力, F 表示法向应力, R_1 为环形土样的内径, R_2 为环形土样的外径, π 取 3.14。

有益效果: 本技术方案中的手持式常刚度环剪仪体积小, 质量轻便, 便于野外现场使用; 利用弹簧施加竖向力, 无需外接压力源或加荷设备; 通过设置不同的弹簧初始压缩量, 可进行不同初始压力下的环剪实验; 通过配置不同刚度的弹簧, 可进行不同刚度下的常刚度环剪实验。

附图说明

图 1 是本发明一种实施例的结构示意图;

图 2 是本发明另一种实施例中环剪试样的应力分布图。

图中标记: 1-底座; 2-钢框; 3-上盖; 4-转轴; 5-弹簧支架; 6-传压板; 7-滑块; 8-弹簧导杆; 9-弹簧; 10-限位螺母; 11-第一夹具; 12-第一百分表; 13-扳手; 14-数显表; 15-百分表支架; 16-第二夹具; 17-第二百分表; 18-轴承; 19-限位桩; 20-手柄; 21-垫片。

具体实施方式

下面结合附图，对本发明的较优的实施例作进一步的详细说明：

参见图 1 和图 2，一种手持式常刚度环剪仪，包括底座 1 和套设在该底座 1 内的环形钢框 2，所述钢框 2 顶部扣合有环形上盖 3，该上盖 3 上部固定有传压板 6，所述底座 1 中央垂直设置有一转轴 4，该转轴 4 穿过所述传压板 6 并与该传压板 6 通过螺纹固定，所述转轴 4 顶端固定有扳手 13，该扳手 13 上嵌有数显表 14；所述底座 1 的侧壁上通过螺纹固定有弹簧支架 5，该弹簧支架 5 下方垂直固定有弹簧导杆 8，该弹簧导杆 8 上端套设有限位螺母 10，该限位螺母 10 下方的弹簧导杆 8 上套设有弹簧 9，该弹簧 9 下端压有滑块 7，该滑块 7 搁置在所述传压板 6 上；所述弹簧 9 的上端和传压板 6 之间连接有第一夹具 11，该第一夹具 11 上安装有第一百分表 12；所述底座 1 的侧壁上还固定有百分表支架 15，该百分表支架 15 通过第二夹具 16 与所述传压板 6 连接，所述第二夹具 16 上安装有第二百分表 17；所述手持式常刚度环剪仪的整体尺寸为 200mm×120mm×240mm。使用时，先将钢框 2 中装好土样，调试好各部件，记下数显表 14、第一百分表 12 和第二百分表 17 的初始读数。转动扳手 13，所述数显表 14 上的读数随着变化，所述转轴 4 带动所述传压板 6 和上盖 3 转动，土样被逐渐压紧，上盖 3 带动传压板 6 下降，初始压缩状态下的弹簧 9 即时向下伸展，所述弹簧 9 拉伸所述第一夹具 11，该第一夹具 11 的拉伸使第一百分表 12 的读数产生变化。随着所述传压板 6 的下降，所述第二夹具 16 也会向下拉伸，使第二百分表 17 的度数产生变化。根据所述数显表 14 的读数、环形土样的内径和外径，可以算出土样上的平均剪应力。根据弹簧 9 的根数、弹簧 9 的刚度系数、第一百分表 12 的读数、环形土样的内径和外径可以算出土样上的平均法向应力。根据第二百分表 17 的读数可以知道土样高度的变化，再结合土样的内径和外径，可以算出土样体积的变化。

本技术方案中的手持式常刚度环剪仪体积小，质量轻便，只有 2kg，费用低，便于野外现场使用；利用弹簧 9 施加竖向力，无需外接压力源或加荷设备；通过设置不同的弹簧 9 初始压缩量，可进行不同初始压力下的环剪实验；通过配置不同刚度的弹簧 9，可进行不同刚度下的常刚度环剪实验。

参见图 1，所述转轴 4 套设在轴承 18 中，该轴承 18 垂直固定在所述底座 1 中央。所述转轴 4 在轴承 18 中转动，摩擦力小，转动灵活。

参见图 1，钢框 2 底部有限位桩 19，所述底座 1 内限位槽，所述限位桩 19 位于所述限位槽内，防止钢框 2 在底座 1 内水平滑动。

参见图 1，所述底座 1 外侧有手柄 20。便于固定仪器，也便于转动手柄 20。

参见图 1，滑块 7 上部有圆形的垫片 21，该垫片 21 与弹簧 9 下端接触，当传压板 6 转动时，传压板 6 上的环形的滑块 7 位置不变，只在传压板 6 表面滑动，所述圆形的垫片 21 始终位于弹簧 9 的正下方，避免弹簧 9 发生弯折。

参见图 1，一种手持式常刚度环剪仪的使用方法，包括如下步骤：

S1、将刚性框取出，均匀装入土样；土样装完后，将土样面刮平，使土样高度达到要求，将刚性框放入仪器底座 1 中；

S2、盖上上盖3，将滑块7放在传压板6上，将垫片21放在所述滑块7上；

S3、安装弹簧支架5、弹簧导杆8、限位螺母10、弹簧9，并确保与弹簧9连接的弹簧垫片21置于传压板6上的环形滑块7上；

S4、调节限位螺母10，使土样处于预压状态；

S5、安装弹簧支架5、第一百分表12和第一夹具11，记录第一百分表12的初始读数；安装百分表支架15、第二百分表17和第二夹具16，记录第二百分表17的初始读数；

S6、一只手握住底座1手柄20，另一只手通过扳手13施加扭矩转动转轴4，转轴4带动传压板6和上盖3转动，在土样上表面产生剪应力对土样进行剪切；在此过程中，记录第一百分表12、第二百分表17和数显表14的读数；

S7、试验结束后，拆除土样，根据第一百分表12、第二百分表17和数显表14的读数，计算出作用在土样上的平均剪应力和平均法向应力。

所述步骤 S7 中，预设环形土样的内径为 R_1 ，外径为 R_2 ，假定土样上的剪应力 τ 是均匀分布的，在加载过程中由数显表 14 的读数可知作用在土样上的扭矩 M ，根据静力平衡条件，土样上的平均剪应力满足下列公式：

$$\tau = \frac{3M}{2\pi(R_2^3 - R_1^3)} \quad (1)$$

公式中， τ 是平均剪应力， M 表示作用在土样上的扭矩， R_1 为环形土样的内径， R_2 为环形土样的外径， π 取 3.14。

对上述公式 (1)，提供下列 5 组数据：

组别	R_1 (mm)	R_2 (mm)	M (N·m)	τ (kPa)
1	50	90	12.65	10
2			25.30	20
3			37.95	30
4			50.60	40
5			63.25	50

所述步骤 S7 中，根据第一百分表 12 的读数计算得到弹簧 9 的压缩量 x ，作用在土样上的法向应力 F 满足下列公式：

$$F = n \cdot k \cdot x \quad (2)$$

上式中， F 表示法向应力， k 为弹簧9的刚度系数， n 为弹簧9的根数；

对上述公式（2），提供下列5组数据：

组别	n	k (N/mm)	x (mm)	F (N)
1	4	50	1.76	351.86
2	4	50	3.52	703.72
3	4	50	5.28	1055.58
4	4	50	7.04	1407.43
5	4	50	8.80	1759.29

由法向应力 F 计算得土样上的平均法向应力 σ_n ：

$$\sigma_n = \frac{F}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} \quad (3)$$

上式中， σ_n 表示平均法向应力， F 表示法向应力， R_1 为环形土样的内径， R_2 为环形土样的外径， π 取 3.14。

对上述公式（3），提供下列 5 组数据：

组别	R_1 (mm)	R_2 (mm)	F (N)	σ_n (kPa)
1	50	90	351.86	20
2			703.72	40
3			1055.58	60
4			1407.43	80
5			1759.29	100

本实施例中的手持式常刚度环剪仪体积小，质量轻便，便于野外现场使用；利用弹簧 9 施加竖向力，无需外接压力源或加荷设备；通过设置不同的弹簧 9 初始压缩量，可进行不同初始压力下的环剪实验；通过配置不同刚度的弹簧 9，可进行不同刚度下的常刚度环剪实验。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单推演或替换，都应当视为属于本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种手持式常刚度环剪仪，包括底座和套设在该底座内的环形钢框，其特征在于：所述钢框顶部扣合有环形上盖，该上盖上部固定有传压板，所述底座中央垂直设置有一转轴，该转轴穿过所述传压板并与该传压板固定，所述转轴顶端固定有扳手，该扳手上嵌有数显表；所述底座的侧壁上固定有弹簧支架，该弹簧支架下方垂直固定有弹簧导杆，该弹簧导杆上端套设有限位螺母，该限位螺母下方的弹簧导杆上套设有弹簧，该弹簧下端压有滑块，该滑块搁置在所述传压板上；所述弹簧的上端和传压板之间连接有第一夹具，该第一夹具上安装有第一百分表；所述底座的侧壁上还固定有百分表支架，该百分表支架通过第二夹具与所述传压板连接，所述第二夹具上安装有第二百分表；所述手持式常刚度环剪仪的整体尺寸为 200mm×120mm×240mm。

2、根据权利要求 1 所述的手持式常刚度环剪仪，其特征在于：所述转轴套设在轴承中，该轴承垂直固定在所述底座中央。

3、根据权利要求 2 所述的手持式常刚度环剪仪，其特征在于：钢框底部有限位桩，所述底座内限位槽，所述限位桩位于所述限位槽内。

4、根据权利要求 3 所述的手持式常刚度环剪仪，其特征在于：所述底座外侧有手柄。

5、根据权利要求 4 所述的手持式常刚度环剪仪，其特征在于：滑块上部有圆形的垫片，该垫片与弹簧下端接触。

6、根据权利要求 5 所述的手持式常刚度环剪仪的使用方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1、将刚性框取出，均匀装入土样；土样装完后，将土样面刮平，使土样高度达到要求，将刚性框放入仪器底座中；

S2、盖上上盖，将滑块放在传压板上，将垫片放在所述滑块上；

S3、安装弹簧支架、弹簧导杆、限位螺母、弹簧，并确保与弹簧连接的弹簧垫片置于传压板上的环形滑块上；

S4、调节限位螺母，使土样处于预压状态；

S5、安装弹簧支架、第一百分表和第一夹具，记录第一百分表的初始读数；安装百分表支架、第二百分表和第二夹具，记录第二百分表的初始读数；

S6、一只手握住底座手柄，另一只手通过扳手施加扭矩转动转轴，转轴带动传压板和上盖转动，在土样上表面产生剪应力对土样进行剪切；在此过程中，记录第一百分表、第二百分表和数显表的读数；

S7、试验结束后，拆除土样，根据第一百分表、第二百分表和数显表的读数，计算出作用在土样上的平均剪应力和平均法向应力。

7、根据权利要求 6 所述的手持式常刚度环剪仪的使用方法，其特征在于，所

述步骤 S7 中, 预设环形土样的内径为 R_1 , 外径为 R_2 , 假定土样上的剪应力 τ 是均匀分布的, 在加载过程中由数显表的读数可知作用在土样上的扭矩 M , 根据静力平衡条件, 土样上的平均剪应力满足下列公式:

$$\tau = \frac{3M}{2\pi(R_2^3 - R_1^3)}$$

公式中, τ 是平均剪应力, M 表示作用在土样上的扭矩, R_1 为环形土样的内径, R_2 为环形土样的外径, π 取 3.14。

8、根据权利要求 6 所述的手持式常刚度环剪仪的使用方法, 其特征在于, 所述步骤 S7 中, 根据第一百分表的读数计算得到弹簧的压缩量 x , 作用在土样上的法向应力 F 满足下列公式:

$$F = n \cdot k \cdot x$$

上式中, F 表示法向应力, k 为弹簧的刚度系数, n 为弹簧的根数;

由法向应力 F 计算得土样上的平均法向应力 σ_n :

$$\sigma_n = \frac{F}{\pi(R_2^2 - R_1^2)}$$

上式中, σ_n 表示平均法向应力, F 表示法向应力, R_1 为环形土样的内径, R_2 为环形土样的外径, π 取 3.14。

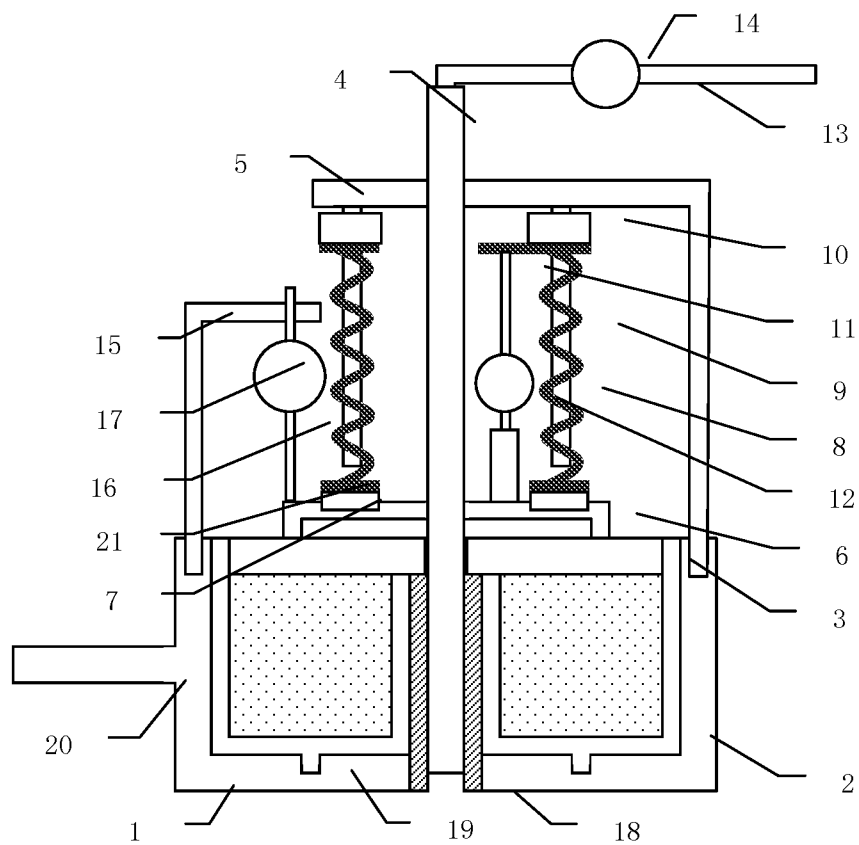


图 1

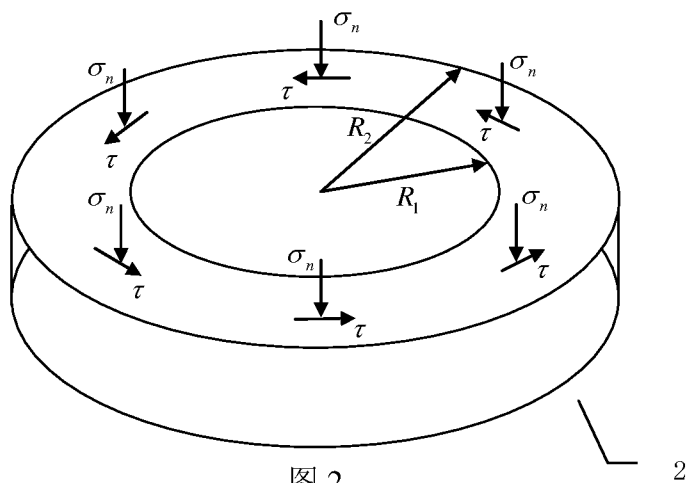


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/077925

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 3/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 3/

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; CNKI; WPI; EPODOC; SHENZHEN UNIVERSITY; SU, Dong; G01N3+/ic, G01N1+/ic, ring shear apparatus, cut, rotation, internal diameter, external diameter, torque, normal, vertical, ring, annular, circl+, shear+, apparatus, spring, radius, inner, stress, pressur+, tortile

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104792629 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 22 July 2015 (22.07.2015), claims 1-8, description, paragraphs [0035]-[0064], and figures 1-2	1-8
PX	CN 204718901 U (SHENZHEN UNIVERSITY), 21 October 2015 (21.10.2015), claims 1-5, description, paragraphs [0017]-[0023], and figures 1-2	1-5
A	US 2013112013 A1 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCESKIGAM), 09 May 2013 (09.05.2013), description, paragraphs [0038]-[0080], and figures 6-7	1-8
A	CN 102621044 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 01 August 2012 (01.08.2012), the whole document	1-8
A	CN 103308398 A (NORTHEAST PETROLEUM UNIVERSITY), 18 September 2013 (18.09.2013), the whole document	1-8
A	CN 202453254 U (CHANG'AN UNIVERSITY), 26 September 2012 (26.09.2012), the whole document	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 01 June 2016 (01.06.2016)	Date of mailing of the international search report 29 June 2016 (29.06.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Ce Telephone No.: (86-10) 62413558

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/077925

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0928963 B1 (HEROLD, A.), 25 June 2008 (25.06.2008), the whole document	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/077925

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104792629 A	22 July 2015	None	
CN 204718901 U	21 October 2015	None	
US 2013112013 A1	09 May 2013	EP 2592411 A2	15 May 2013
		US 8656788 B2	25 February 2014
		KR 101155552 B1	19 June 2012
CN 102621044 A	01 August 2012	CN 102621044 B	06 November 2013
CN 103308398 A	18 September 2013	CN 103308398 B	21 May 2014
CN 202453254 U	26 September 2012	None	
EP 0928963 B1	25 June 2008	AT 399312 T	15 July 2008
		DE 29720058 U1	02 April 1998
		DE 59814245 D1	07 August 2008
		EP 0928963 A2	14 July 1999

A. 主题的分类 G01N 3/24(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01N3/ 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT; CNKI; WPI; EPDOC; 深圳大学, 苏栋, G01N3+/ic, G01N1+/ic, 环剪仪, 剪, 环形, 剪切, 弹簧, 旋转, 环, 内径, 外径, 扭矩, 应力, 法向, 垂直, ring, annular, circl+, shear+, apparatus, spring, radius, inner, stress, pressur+, tortile																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 104792629 A (深圳大学) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22) 权利要求1-8, 说明书[0035]-[0064]段, 说明书附图1-2</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 204718901 U (深圳大学) 2015年 10月 21日 (2015 - 10 - 21) 权利要求1-5, 说明书[0017]-[0023]段, 说明书附图1-2</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013112013 A1 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCESKIGAM) 2013年 5月 9日 (2013 - 05 - 09) 说明书[0038]-[0080]段以及说明书附图6-7</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102621044 A (大连理工大学) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103308398 A (东北石油大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202453254 U (长安大学) 2012年 9月 26日 (2012 - 09 - 26) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 104792629 A (深圳大学) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22) 权利要求1-8, 说明书[0035]-[0064]段, 说明书附图1-2	1-8	PX	CN 204718901 U (深圳大学) 2015年 10月 21日 (2015 - 10 - 21) 权利要求1-5, 说明书[0017]-[0023]段, 说明书附图1-2	1-5	A	US 2013112013 A1 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCESKIGAM) 2013年 5月 9日 (2013 - 05 - 09) 说明书[0038]-[0080]段以及说明书附图6-7	1-8	A	CN 102621044 A (大连理工大学) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文	1-8	A	CN 103308398 A (东北石油大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 全文	1-8	A	CN 202453254 U (长安大学) 2012年 9月 26日 (2012 - 09 - 26) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 104792629 A (深圳大学) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22) 权利要求1-8, 说明书[0035]-[0064]段, 说明书附图1-2	1-8																					
PX	CN 204718901 U (深圳大学) 2015年 10月 21日 (2015 - 10 - 21) 权利要求1-5, 说明书[0017]-[0023]段, 说明书附图1-2	1-5																					
A	US 2013112013 A1 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCESKIGAM) 2013年 5月 9日 (2013 - 05 - 09) 说明书[0038]-[0080]段以及说明书附图6-7	1-8																					
A	CN 102621044 A (大连理工大学) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文	1-8																					
A	CN 103308398 A (东北石油大学) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 全文	1-8																					
A	CN 202453254 U (长安大学) 2012年 9月 26日 (2012 - 09 - 26) 全文	1-8																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。 * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2016年 6月 1日		国际检索报告邮寄日期 2016年 6月 29日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 王策 电话号码 (86-10)62413558																					

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	EP 0928963 B1 (HEROLD, ANDREAS) 2008年 6月 25日 (2008 - 06 - 25) 全文	1-8

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/077925

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104792629	A	2015年 7月 22日	无			
CN	204718901	U	2015年 10月 21日	无			
US	2013112013	A1	2013年 5月 9日	EP	2592411	A2	2013年 5月 15日
				US	8656788	B2	2014年 2月 25日
				KR	101155552	B1	2012年 6月 19日
CN	102621044	A	2012年 8月 1日	CN	102621044	B	2013年 11月 6日
CN	103308398	A	2013年 9月 18日	CN	103308398	B	2014年 5月 21日
CN	202453254	U	2012年 9月 26日	无			
EP	0928963	B1	2008年 6月 25日	AT	399312	T	2008年 7月 15日
				DE	29720058	U1	1998年 4月 2日
				DE	59814245	D1	2008年 8月 7日
				EP	0928963	A2	1999年 7月 14日