



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686727 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 03

(21) 申请号 202110808792.5

(22) 申请日 2021.07.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113686727 A

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 中北大学

地址 030051 山西省太原市尖草坪区学院
路3号

(72) 发明人 李建军 刘钰浩 张帅 耿少波
冯浩

(74) 专利代理机构 太原高欣科创专利代理事务
所(普通合伙) 14109

专利代理师 崔雪花 冷锦超

(51) Int. Cl.

G01N 9/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CA 2494757 A1, 2004.02.12

CN 102759493 A, 2012.10.31

CN 206609747 U, 2017.11.03

DE 102007010532 B3, 2008.04.30

王静; 杨秀芳; 邹新武; 梁慧玲; 孔俊豪. 茶与
茶制品紧密堆积密度测定方法研究. 中国茶叶加
工. 2014, (第04期), 全文.

审查员 刘洋成

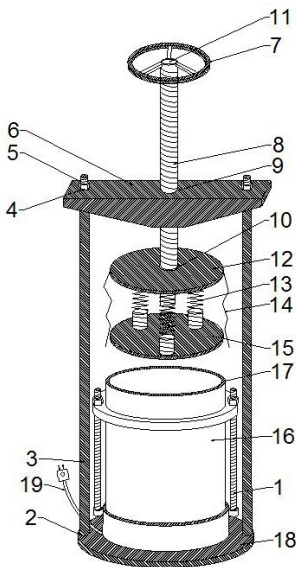
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方
法

(57) 摘要

本发明涉及土工试验技术领域, 是一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法; 方案具体是采用反力架和弹簧的组合替代配重对试样顶部加载, 实现加载压力可调节; 在试样筒内设置振动器, 实现试样的内部振动; 通过校核弹簧刚度系数 K 、在试样筒内装填试样并确定施加试样顶部压力 p , 测定振毕试样高度 H_0 , 计算试样的紧密堆积密度 ρ ; 本发明直接实现试样的内部振动, 采用弹簧施压, 不需要配重, 可根据现场预加载压力调节顶部加载压力大小; 适宜野外现场紧密堆积密度测试。



1. 一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,具体测量方法包括以下步骤:

a) 校核弹簧刚度系数K:在试样筒(16)上方通过可调压力装置对试样筒(16)内的待测试样加载压力;试样筒(16)内的底部固定有振动器,所述可调压力装置包括中空螺杆(8),所述中空螺杆(8)的上端连接有转盘(7),下端与上盘(12)相连接,下盘(15)通过弹簧(13)连接在所述上盘(12)的正下方;在试样筒(16)内放置压力检测装置,旋转转盘(7)使下盘(15)与压力检测装置表面密贴,转动转盘(7)施加初始荷载后再卸载,将游标深度尺从中空螺杆(8)顶部开孔插入底部接触下盘(15)顶面,记录游标深度尺的初始读数 L_0 ,转动转盘(7) n 圈,得到加载压力 p ,将游标深度尺再次从中空螺杆(8)插入并接触下盘(15)顶面,记录游标深度尺的读数 L ,计算弹簧刚度系数K:

$$K=p/(L_0-L)=p/(nx) \quad (I)$$

式中: x 为中空螺杆的螺距;

由式I得到弹簧加载压力与转动转盘转动圈数 n 之间的关系公式(II):

$$p=n(Kx)=K(L_0-L) \quad (II);$$

b) 根据现场压实预加载压力确定紧密堆积密度顶部加载压力 p_0 ,由公式(II)确定转动转盘(7)转动圈数 n ;

c) 取出压力检测装置后,在试样筒(16)内装填试样,按照步骤a的方法记录游标深度尺的初始读数 L_0 ,再转动转盘(7)转动 n 圈,测量弹簧压缩后对应的游标深度尺的读数 L ,按公式(II)计算实际加载压力 p_1 ;开启振动器对试样振动密实,然后按照步骤a重新测量游标深度尺的读数 L ,并按公式(II)校核试样振动后顶部加载压力 p_2 ; p_1 和 p_2 的平均值作为试样顶部实际加载压力 $p_{\text{实}}$,要求 $p_{\text{实}}$ 与 p_0 的极差绝对值不超过10%;振动时间为5-8min;

d) 测定振毕试样高度 H_0 ;计算紧密堆积密度 ρ 。

2. 根据权利要求1所述的一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,试样筒(16)固定在套筒内,所述套筒包括上下开口的上套筒(17)和上部开口的下套筒(18),所述试样筒(16)上下开口,试样筒(16)套置在上套筒(17)和下套筒(18)之间;

紧密堆积密度 ρ 为:

$$\rho=1.274M_d/(D^2H_0-d^2h) \quad (III)$$

式中: M_d 为烘干试样质量; D 和 d 分别为试样筒(16)的内径和振动器外径; H_0 为试样高度, h 为振动器顶端相对下套筒(18)底部的高度。

3. 根据权利要求1所述的一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,测定振毕试样高度 H_0 后,测定试样的含水率;按公式(IV)计算试样的紧密堆积密度 ρ :

$$\rho=1.274M_f/((D^2H_0-d^2h) \cdot (1+0.01\omega)) \quad (IV)$$

式中: M_f 为风干试样质量; ω 为试样含水率; D 为试样筒内径; d 为振动器外径; H_0 为试样高度。

4. 根据权利要求1所述的一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,所述弹簧(13)的数量 ≥ 3 ,弹簧(13)均布在上、下盘中心外围用于向试样表面提供均匀压力,所述弹簧(13)提供的压力 ≥ 14 kPa。

5. 根据权利要求1所述的一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,振动器的顶部低于试样筒(16)的顶部 ≥ 5 cm。

6. 根据权利要求1所述的一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,其特征在于,所述振动器为电动棒式振动器。

一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工程试验方法,特别涉及无粘性土土工试验方法,具体为一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法。

背景技术

[0002] 现有的粗粒土和巨粒土干密度测定方法包括表面振动压实仪法和振动台法。这两种方法加载压力都是固定荷载,且不同规范加载压力取值不同,有的取18kPa,如公路土工试验规程(JTG3430-2020),也有规范取14kPa,如水电水利工程粗粒土试验规程(DL/T5356-2006),还有测定堆积密实度不需要试样顶部加载,如建设用碎石卵石(GB/T 14685-2011)。对于粗粒土和巨粒土压实干密度与级配、含水量、加载压力等因数相关,压实干密度与加载压力之间的关系为加载压力从7kPa增加到200kPa时,压实干密度先增大后减小。由此,在实际工程中产生如下技术缺陷:由此,在实际工程中产生如下技术缺陷:第一,不能在野外现场使用;第二,不能根据现场预加载压力施加试样顶部压力;第三,振动台法因需要在测试试样顶部配重,按顶部加载18kPa,内径为152mm和280mm试样筒,配重分别为32kg和111kg;高配重在振动中存在安全隐患,也增加了测试人员的劳动强度。

发明内容

[0003] 本发明克服了现有技术的不足,提出一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,用于测定无粘性土自由排水粗粒土和巨粒土。

[0004] 为了达到上述目的,本发明是通过如下技术方案实现的。

[0005] 一种可变压内部振动紧密堆积密度测量方法,具体测量方法包括以下步骤:

[0006] a)校核弹簧刚度系数K:在试样筒上方通过可调压力装置对试样筒内的待测试样加载压力;试样筒内的底部固定有振动器,所述可调压力装置包括中空螺杆,所述中空螺杆的上端连接有转盘,下端与上盘相连接,下盘通过弹簧连接在所述上盘的正下方;在试样筒内放置压力检测装置,旋转转盘使下盘与压力检测装置表面密贴,转动转盘施加初始荷载后再卸载,将游标深度尺从中空螺纹杆顶部开孔插入底部接触下盘顶面,记录游标深度尺的初始读数 L_0 ,转动转盘n圈,得到加载压力p,将游标深度尺再次从中空螺纹杆插入并接触下盘顶面,记录游标深度尺的读数L,计算弹簧刚度系数K:

$$[0007] \quad K=p/(L_0-L)=p/(nx) \quad (I)$$

[0008] 式中:x为中空螺杆的螺距。

[0009] 由式I得到弹簧加载压力与转动转盘转动圈数n之间的关系公式(II):

$$[0010] \quad p=n(Kx)=K(L_0-L) \quad (II)。$$

[0011] b)根据现场压实预加载压力确定紧密堆积密度顶部加载压力 p_0 ,由公式(II)确定转动转盘(7)转动圈数n。

[0012] c)取出压力检测装置后,在试样筒内装填试样,按照步骤a的方法记录游标深度尺的初始读数 L_0 ,再转动转盘转动n圈,测量弹簧压缩后对应的游标深度尺的读数L,按公式

(II) 计算实际加载压力 p_1 ;开启振动器对试样振动密实,然后按照步骤a重新测量游标深度尺的读数 L ,并按公式(II)校核试样振动后顶部加载压力 p_2 ; p_1 和 p_2 的平均值作为试样顶部实际加载压力 $p_{\text{实}}$,要求 $p_{\text{实}}$ 与 p_0 的极差绝对值不超过10%;振动时间为5-8min。

[0013] d)测定振毕试样高度 H_0 ;计算紧密堆积密度 ρ 。

[0014] 优选的,试样筒固定在套筒内,所述套筒包括上下开口的上套筒和上部开口的下套筒,所述试样筒上下开口,试样筒套置在上套筒和下套筒之间;其中,紧密堆积密度 ρ 为:

$$\rho = 1.274M_d / (D^2 H_0 - d^2 h) \quad (\text{III})$$

[0016] 式中: M_d 为烘干试样质量; D 和 d 分别为试样筒的内径和振动器外径; H_0 为试样高度, h 为振动器顶端相对下套筒底部的高度。

[0017] 测定振毕试样高度 H_0 后,测定试样的含水率;按公式(IV)计算试样的紧密堆积密度 ρ :

$$\rho = 1.274M_f / ((D^2 H_0 - d^2 h) \cdot (1 + 0.01 \omega)) \quad (\text{IV})$$

[0019] 式中: M_f 为风干试样质量; ω 为试样含水率; D 为试样筒内径; d 为振动器外径; H_0 为试样高度。

[0020] 进一步的,所述弹簧的数量 ≥ 3 ,弹簧均布在上、下盘中心外围用于向试样表面提供均匀压力,所述弹簧提供的压力 ≥ 14 kPa。

[0021] 进一步的,振动器的顶部低于试样筒的顶部 ≥ 5 cm。

[0022] 进一步的,所述振动器为电动棒式振动器。

[0023] 本发明相对于现有技术所产生的有益效果为:

[0024] (1)本发明采用弹簧施压,不需要配重,可根据现场预加载压力调节顶部加载压力大小。

[0025] (2)本发明可直接实现试样的内部振动,适用于各种复杂环境。

[0026] (3)本发明试样顶部加载使用弹簧代替配重,降低了振动中存在的安全隐患,减轻了测试人员劳动强度。

[0027] (4)本发明不需要锚固,适宜与野外现场紧密堆积密度测试。

附图说明

[0028] 图1为本发明所述堆积密度测量装置的结构示意图。

[0029] 图2为本发明所述堆积密度测量装置的上套筒结构示意图。

[0030] 图3为本发明所述堆积密度测量装置的试样筒结构示意图。

[0031] 图4为本发明所述堆积密度测量装置的下套筒结构示意图。

[0032] 图中,1为全螺纹杆、2为预留螺纹孔、3为双头螺纹杆、4为预留孔、5为螺帽、6为上梁、7为转盘、8为中空螺纹杆、9为预留螺纹孔、10为轴承、11为顶部孔口、12为上盘、13为弹簧、14为橡胶护罩、15为下盘、16为试样筒、17为上套筒、18为下套筒、19为电源线、20为橡胶套管、21为电动棒式振动器。

具体实施方式

[0033] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,结合实施例和附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以

解释本发明,并不用于限定本发明。下面结合实施例和附图详细说明本发明的技术方案,但保护范围不被此限制。

[0034] 实施例1,是一种无粘性土紧密堆积密度测量的方法,具体采用可变压内部振动紧密堆积密度测量装置进行测量,具体为顶部施压内部振动法测定颗粒土的紧密堆积密度。

[0035] 如图1所示,是本方法采用的可变压内部振动紧密堆积密度测量装置,用于测定无粘性土自由排水粗粒土和巨粒土,装置主要包括:电动棒式振动器21、试样筒16、上套筒17、下套筒18、可调压力装置和游标深度尺。

[0036] 如图3所示,试样筒16为圆柱形金属筒,无下底,壁厚不小于5mm,尺寸按表1选用。

表 1

[0037]	土粒最大尺寸 (mm)	试样质量 (kg)	试筒有效容积 (cm^3)	装料工具
	60	34	14200	小铲或大勺
	40	34	14200	小铲或大勺
	20	11	2830	小铲或大勺
	10	11	2830	$\Phi 25\text{mm}$ 漏斗
	5 或 ≤ 5	11	2830	$\Phi 3\text{mm}$ 漏斗

[0038] 如图2和图4所示,套筒包括上套筒17和下套筒18。上套筒17内径与试样筒16配套一致,且与试样筒16紧密固定后内壁呈直线连接。上下套筒内径与试样筒16外径匹配,高度不小于30mm,壁厚同试样筒16,上套筒17与试样筒16采用“Γ”接口连接,上下套筒与试样筒16组装后通过全螺纹杆1固定。

[0039] 电动棒式振动器:直径30mm~50mm的圆柱形,长度比试样筒16高度低至少5cm,振动频率30Hz~60Hz可调,振动作用半径不小于300mm,且不小于棒式振动器外壁到试样筒内壁间距。如图4所示,电动棒式振动器21通过橡胶套管20固定于下套筒18底部,并通过电源线19与外部电源连接,电源采用380V、50Hz。

[0040] 可调压力装置:包括H型横梁反力架、转盘7、中空螺纹杆8、轴承10、上盘12、弹簧13、橡胶护罩14、下盘15。H型横梁反力架由双头螺纹杆3、螺帽5和横梁6组成,双头螺纹杆3通过预留螺纹孔2固定于下套筒18上。双头螺纹杆3上端与横梁6通过螺栓连接,中空螺纹杆8穿过横梁6上的预留螺纹孔9,下端连接轴承10,上端连接转盘7。轴承10固定于上盘12中心开孔之中,下盘15通过弹簧13固定于上盘之下,弹簧13均匀分布于上、下盘中心外侧,距中心1/2处,且不少于3根,弹簧13可提供压力不少于14kPa,弹簧13与上下盘通过螺栓连接。上、下盘直径相同,且略小于试样筒16和套筒内径,刚度足够大,加载过程中下盘15可在试样筒内自由移动。

[0041] 游标深度尺:长度满足下盘15到转盘7顶面距离+3cm,精度为0.02mm。

[0042] 具体的测量步骤如下:

[0043] 1、以最大粒径为20mm无粘性土为例,采集代表性试料,采用标准筛分法(T0115-2007)测定各粒组的颗粒百分数,利用20mm标准方孔筛,筛除大于20mm粒径颗粒土,同时限

制通过0.075mm标准筛的干颗粒质量百分数不大于15%,由此得到粒径为20mm~0.075mm颗粒土,妥善贮存备用。试验前将制备好的颗粒土放入烘箱内,在105℃~110℃下烘干土样,并冷却至室温,并搅拌均匀,且保持干燥。

[0044] 2、选用有效容积不少于2830cm³的试样筒16,同时选择与试样筒16外径相匹配下套筒18。将电动棒式振动器21通过橡胶套管20固定于下套筒18底部中心插孔把试样筒16放入下套筒18中,试样筒16底部与下套筒18密贴,称量试样筒16和下套筒18整体的质量,然后顶部放置上套筒17,并通过全螺纹杆1固定上、下套筒和试样筒16。

[0045] 3、安装可调压力装置:可调压力装置的H型横梁反力架通过双头螺纹杆3固定于下套筒18的预留螺纹孔2中。双头螺纹杆3上端与横梁6通过螺栓连接,中空螺纹杆8穿过横梁6预留螺纹孔9,下端连接轴承10,上端连接转盘7。选用与试样筒16内径相匹配的上盘12和下盘15,上下盘盘径略小于试样筒16内径2mm,把轴承10固定于上盘12中心开孔之中,下盘15通过弹簧13固定于上盘12之下,弹簧13均匀分布于上、下盘中心外侧,距中心1/2处,且不少于3根,弹簧13与上下盘通过螺栓连接。根据现场加载压力选择弹簧13的刚度,使弹簧13的加载压力满足现场预压实压力。中空螺纹杆8的螺距为x,单位mm。

[0046] 4、校核弹簧13的刚度系数K。在试样筒16内对称放置两个规格与型号一致的测力传感器,旋转转盘7使下盘15与试样测力传感器表面密贴,转动转盘7顺时针旋转2圈,施加初始荷载,然后逆时针旋转2圈卸载,测力传感器读数归零,游标深度尺从中空螺纹杆8顶部孔口11插入底部接触下盘15顶面,记录游标深度尺的初始读数L₀,单位mm,取出游标深度尺。转动转盘7顺时针旋转n圈,记录测力传感器读数p,加载压力p不小于现场预加载压力单位N,将游标深度尺再次从中空螺纹杆8顶部孔口11插入底部接触下盘15顶面,记录游标深度尺的读数L,单位mm。由此测量3次,采用平均值计算弹簧刚度系数K,单位N/mm。

[0047]
$$K=p/(L_0-L)=p/(nx) \quad (1)$$

[0048] 式中:x为螺距,mm。

[0049] 由此得到弹簧加载压力与转动转盘7转动圈数n之间的关系公式(2):

[0050]
$$p=n(Kx)=K(L_0-L) \quad (2)$$

[0051] 5、装填试样。取制备好的烘干试样,用小铲或漏斗将制备好的试样徐徐装填入试样筒,填料高度大于电动棒式振动器21顶面高度不小于4cm,不高于试样筒上沿以下1cm,并注意使颗粒分离程度最小,抹平试样表面。

[0052] 6、根据现场预施加压力大小施加试样顶部压力p₀,由公式(Ⅱ)确定转动转盘(7)转动圈数n。在试样筒16上部安装上套筒17,旋转转盘7使下盘15与试样表面密贴,转动转盘7顺时针旋转2圈,施加初始荷载,然后逆时针旋转2圈卸载,游标深度尺从中空螺纹杆8顶部开孔11插入底部接触下盘15顶面,记录游标深度尺的初始读数L₀。转动转盘7顺时针旋转n圈,然后使用游标深度尺,测量弹簧压缩后对应的长度L。由公式(2)即可确定试样顶部实际加载压力p₁。

[0053] 7、通过电源线19连接电源,打开振动棒开关,开始振动,振动时间为6min。

[0054] 8、振动完成以后再一次量测弹簧伸缩量,由公式(2)确定振动后试样顶部加载压力p₂,取p₁和p₂的平均值作为顶部加载压力p_实,计算p_实与p₀的极差绝对值不超过10%,满足要求,进行下一步,否则重新测试。

[0055] 9、卸去上套筒17。将直钢条放于试样筒16直径位置上,测定振毕试样高度。读数宜

从四个均布于试样表面至少距筒壁15mm的位置上测得并精确至0.5mm,记录并计算试样高度 H_0 。测定并记录下套筒整体、试样筒16和试样的质量,扣除试样筒16下套筒整体质量后即为试样质量 M 。体积计算时应扣除振动棒与橡胶套管体积,按公式(3)计算紧密堆积密度 ρ ,计算至0.001。

$$[0056] \quad \rho = 1.274M_d / (D^2 H_0 - d^2 h) \quad (3)$$

[0057] 式中: M_d 为烘干试样质量,kg; D 和 d 分别为试样筒16的内径和电动棒式振动器21的外径,m; H_0 为试样高度,m, h 为振动棒顶端相对下套筒18底部的高度。

[0058] 10、重新取出烘干试样,再重复6~9步骤2次,测定紧密堆积密度 ρ 。试验中须制备足够的代表性试料,不得重复振动压实单个试样。

[0059] 11、将三次测定的紧密堆积密度取平均值作为试验报告的紧密堆积密度值。

[0060] 实施例3

[0061] 本方法其它与实施例2的方法一致,不同之处在于以下几点:

[0062] (1) 试样采用风干试样;(2) 振动堆积密度测试完成后,对样品进行烘干,测定试样的含水率;(3) 按公式(4)计算试样的紧密堆积密度 ρ 。

$$[0063] \quad \rho = 1.274M_f / ((D^2 H_0 - d^2 h) (1 + 0.01 \omega)) \quad (4)$$

[0064] 式中: M_f 为风干试样质量,kg; ω 为试样含水率,%;其他符号同上。

[0065] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所做的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施方式仅限于此,对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明的前提下,还可以做出若干简单的推演或替换,都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

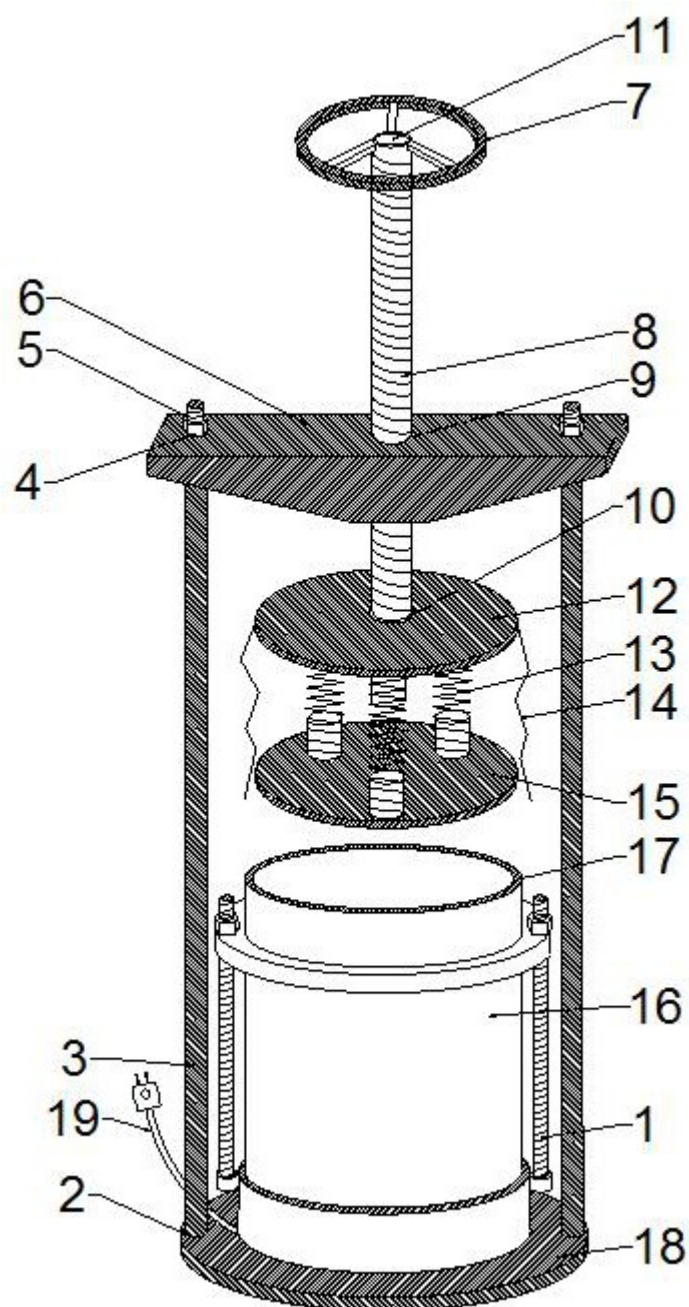


图1

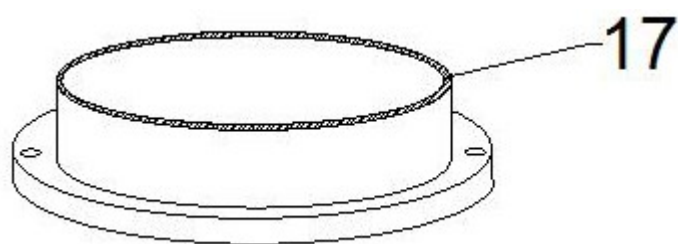


图2

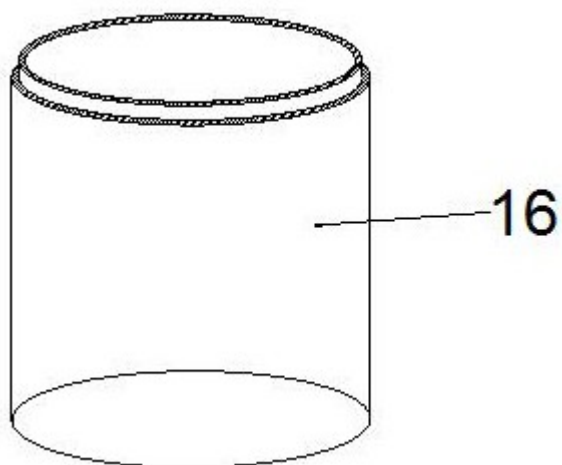


图3

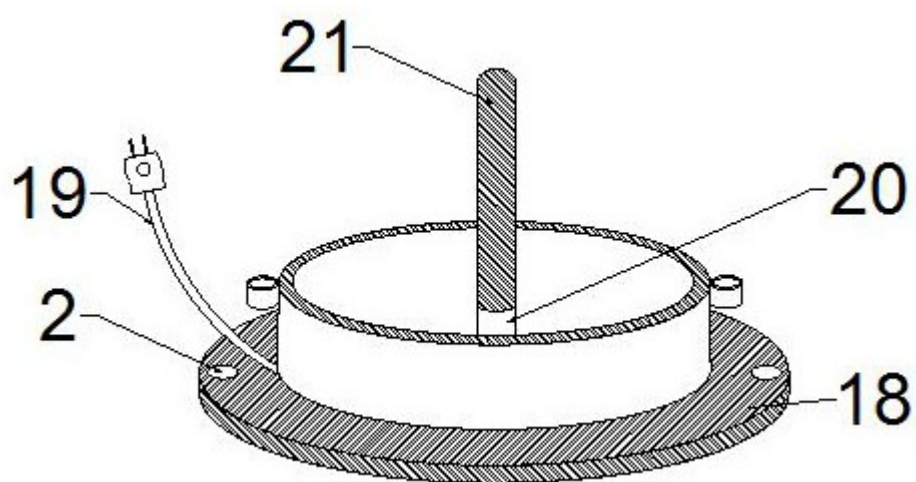


图4