(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 113432940 A
(43)申请公布日 2021.09.24

(21)申请号 202110191257.X

(22)申请日 2021.02.20

(71)申请人 绍兴文理学院
地址 312000 浙江省绍兴市越城区环城西路508号

(72)发明人 王兴开 宋磊博 韩观胜 谢文兵 夏才初 朱哲明

(74)专利代理机构 绍兴市寅越专利代理事务所(普通合伙) 33285
代理人 陈彩霞

(51)Int.Cl.
G01N 1/28(2006.01)
G01N 1/36(2006.01)

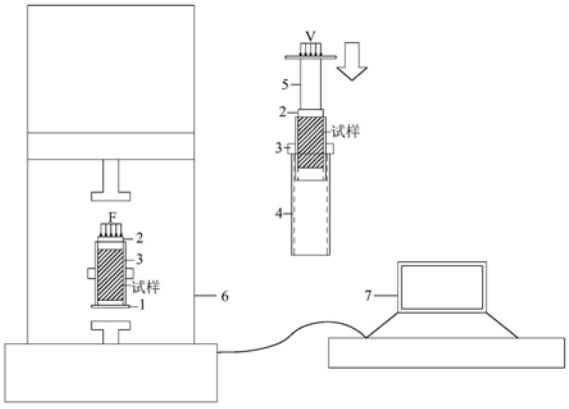
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置及制作方法

(57)摘要

本发明公开了一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置及制作方法，包括制样系统和脱模系统，伺服试验机及控制系统。制样系统包括薄壁管状制样器及其配件，配件为凸形柱状基座和圆饼状压头，其装配形式为：试样配料通过基座和压头在定量载荷作用下于制样器中压制成型。脱模系统包括管状脱模腔、T形传力杆和圆饼状压头，其装配形式为：装有试样的制样器置于管状脱模腔之上，通过试验机、T形传力杆、圆饼状压头自上而下将压力传递到试样顶端，定速压出试样。本发明制样装置结构简单、加工方便、成本低廉，试样制作方法简洁高效，能有效提高极软煤岩相似材料试样制作的成功率，同时解决了实验室所制作极软煤岩试样的均一性和可重复性较差这一难题。



CN 113432940 A

1.一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置,包括制样系统和脱模系统、还包括用于施加制样压力和压出试样的伺服试验机及控制系统,所述制样系统包括薄壁管状制样器及其配件,其中配件为凸形柱状基座和圆饼状压头,制样系统的装配形式为:试样配料通过基座和压头在定量载荷作用下于制样器中压制成型,所述脱模系统包括管状脱模腔、T形传力杆和圆饼状压头,脱模系统的装配形式为:装有试样的制样器置于管状脱模腔之上,通过试验机、T形传力杆、圆饼状压头自上而下将压力传递到试样顶端,定速压出试样。

2.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述薄壁管状制样器、基座、圆饼状压头、管状脱模腔和T形传力杆都采用不锈钢进行加工制造。

3.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述薄壁管状制样器外壁中间部位焊接有固定块,固定块沿薄壁管状制样器轴线对称布置,实现制样器稳定放置于管状脱模腔之上的目的。

4.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述薄壁管状制样器,其内壁进行抛光处理,保证内壁较光滑。

5.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述凸形柱状基座的凸起部分高度设定为20～30mm,凸起部分直径比制样器内径小0.5～2mm,使得基座与制样器之间安装稳固且缝隙小,底部圆盘高度设定为5～20mm。

6.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述制样压力F,其大小根据目标煤岩试样的使用目的进行设计;具体的,$F=P/C_{\sigma}$;式中:P为煤岩原岩地层垂直地应力,C_{σ}为应力相似比(定义为工程原型参数与实验室模型参数之比)。

7.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述定速压出试样,是通过伺服试验机及控制系统进行试验机下压速度的均匀控制,速度设定为5～10mm/min。

8.根据权利要求1所述的试样制作装置,其特征在于:所述T形传力杆,其上部为圆盘,圆盘半径大于等于脱模腔外径,确保试样挤出后T形传力杆能悬挂于脱模腔顶部;T形传力杆的下部为圆柱体,圆柱体高度不小于目标试样高度,圆柱体半径小于等于圆饼状压头的半径。

9.一种软煤岩压实型试样制作方法,使用权利要求1所述的加载装置,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一:首先采用电子称严格按照比例称取原材料,然后将原材料混合并搅拌均匀;

步骤二:将搅拌好的相似材料按质量平均分为若干份(层)装入制样器,每层采用伺服试验机按照120mm/min的速度快速压实,制样压力为F,并保持载荷10s;最后通过伺服试验机对整个试样进行压制,压力保持时间10min;其中,相邻两层面之间需要刮毛后再填入下一层材料,增加每层之间的粘结性;另外,薄壁管状制样器比试样高度高出约20～30mm,主要方便最后一份材料能一次性加入制样器;

步骤三:首先按照权力1中所述脱模系统的装配形式进行安置,然后通过伺服试验机以5mm/min的速度将成型试样稳速地压出,试样缓慢进入中空的脱模腔内;底部放有软质材料,防止试样破坏;取出后的试样在室温下养护,该过程中不断测试含水量,待含水量达到目标值时,及时采用专用密封袋保存试样。

一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置及制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及采矿及岩土工程领域实验室煤岩试样的制作装置和方法，具体涉及一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置与制作方法。

背景技术

[0002] 在实验室开展相似模拟试验研究的重点基础工作就是进行相似材料试样的研制与力学参数的测定，相似材料试样的制作质量关系到其力学参数能否准确模拟原始岩层的力学性质。目前关于极软煤岩的制作方面，由于煤岩材料强度极低(单轴抗压强度约0～5MPa)且质地松散破碎，采用传统的模具及制作方法制作极软煤岩试样过程中具有以下几大难题：(1)采用圆柱体模具进行人工捣实材料的方法难以实现定量压实材料的目的，会导致即使同一批次制作的试样也具有较高的离散性，其均一性和可重复性很差，严重影响多试件模拟试验结果；(2)软煤岩试样在传统拆开式脱模过程中的破碎概率高；(3)极软煤岩试样制作的可重复性和制作质量难以保证。因此，这很大程度上导致了现有实验室相似材料配比试验研究进步较慢，难以快速得到准确模拟和反映现场实际煤岩力学性状的试样，严重制约了岩石工程的发展。迫切需要开发一套新型的实验室极软煤岩试样制作装置及配套的制作方法。

发明内容

[0003] 为了解决现有极软煤岩试样制作中存在的上述三大技术难题，本发明首先要提供一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置，其次要设计一套采用上述装置的极软煤岩试样制作方法。

[0004] 本发明的第一部分内容在于，提供一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置，包括如下内容：

[0005] 由制样系统、脱模系统以及用于施加制样压力和压出试样的伺服试验机及控制系统三部分组成试样制作装置。其中，制样系统包括薄壁管状制样器及其配件，配件为凸形柱状基座和圆饼状压头，制样系统的装配形式为：试样的配料通过基座和压头被定量载荷作用下于制样器中压制成型。脱模系统包括管状脱模腔、T形传力杆和圆饼状压头，脱模系统的装配形式为：装有试样的制样器置于管状脱模腔之上，通过试验机、T形传力杆、圆饼状压头自上而下将压力传递到试样顶端，定速压出试样。

[0006] 所述的薄壁管状制样器、基座、圆饼状压头、管状脱模腔和T形传力杆都采用不锈钢进行加工制造。

[0007] 所述的薄壁管状制样器外壁中间部位焊接有固定块，固定块沿圆形制样器轴线对称布置，可实现制样器稳定放置于管状脱模腔之上的目的。

[0008] 所述的薄壁管状制样器，其内壁需要抛光处理，保证内壁较光滑。

[0009] 所述凸形柱状基座的凸起部分高度设定为20～30mm，凸起部分直径比制样器内径小0.5～2mm为宜，使得基座与制样器之间安装稳固且缝隙小。底部圆盘高度根据需要设定

为5～20mm即可。

[0010] 所述的制样压力F，其大小应根据目标煤岩试样的使用目的进行合理设计；一般地，$F=P/C_{\sigma}$；式中：P为煤岩原岩地层垂直地应力，C_{σ}为应力相似比(定义为工程原型参数与实验室模型参数之比)。

[0011] 所述的定速压出试样，是通过伺服试验机及控制系统进行试验机下压速度的均匀控制，速度一般设定为5～10mm/min为宜。

[0012] 所述的T形传力杆，其上部为圆盘，圆盘半径要大于等于脱模腔外径，确保试样挤出后T形传力杆能悬挂于脱模腔顶部；T形传力杆的下部为圆柱体，圆柱体高度不小于目标试样高度，圆柱体半径要小于等于圆饼状压头的半径，而且为了脱模装配系统的整体稳定性其半径也不宜过小。

[0013] 本发明的第二部分内容在于，设计一种软煤岩压实型试样制作方法，包括如下步骤：

[0014] 步骤一：首先采用电子称严格按照比例称取原材料，然后将原材料混合并搅拌均匀；

[0015] 步骤二：将搅拌好的相似材料按质量平均分为若干份(层)装入制样器，每层采用伺服试验机按照120mm/min的速度快速压实，制样压力为F，并保持载荷10s；最后通过伺服试验机对整个试样进行压制，压力保持时间10min；其中，相邻两层面之间需要刮毛后再填入下一层材料，增加每层之间的粘结性；另外，薄壁管状制样器比试样高度高出约20～30mm，主要方便最后一份材料能一次性加入制样器；

[0016] 步骤三：首先按照自主设计的脱模系统装配形式进行安置，然后通过伺服试验机以5mm/min的速度将成型试样稳速地压出，试样缓慢进入中空的脱模腔内；底部放有软质材料，防止试样破坏；取出后的试样在室温下养护，该过程中不断测试含水量，待含水量达到目标值时，及时采用专用密封袋保存试样。

[0017] 需要说明的是：上述制样方法中的参数可以根据制样目标所属岩层的实际赋存状态进行合理调整。

[0018] 有益效果

[0019] 本发明提供了一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置与制作方法，实现了采用试验机对试样进行定量和定时施加成型压力的目标，所制作的试样质量较高，其均一性和可重复性良好，保证了采用多试样法进行实验室试验研究的可行性和准确性；另外，采用本发明设计的试样脱模方法，制样成功率高达100％。本发明从根本上解决了现有极软煤岩试样制作中存在的三大技术难题。同时，本发明制样装置结构简单、加工方便、成本低廉，试样制作方法简洁高效，易于推广应用。

附图说明

[0020] 图1是本发明一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置与制作方法的装配示意图；

[0021] 图2是凸形柱状基座正视图；

[0022] 图3是凸形柱状基座俯视图；

[0023] 图4是圆饼状压头正视图；

[0024] 图5是圆饼状压头俯视图；

[0025] 图6是薄壁管状制样器正视图；

[0026] 图7是薄壁管状制样器侧视图；

[0027] 图8是薄壁管状制样器俯视图；

[0028] 图9是管状脱模腔正视图；

[0029] 图10是管状脱模腔俯视图；

[0030] 图11是T形传力杆正视图；

[0031] 图12是T形传力杆俯视图；

[0032] 图13是试样成型和和脱模过程图示；

[0033] 图14是两种尺寸的试样图示。

[0034] 图中：1－凸形柱状基座，2－圆饼状压头，3－薄壁管状制样器，4－管状脱模腔，5－T形传力杆，6－伺服试验机，7－试验机控制系统。

具体实施方式

[0035] 在实验室主要是通过制作标准试样开展试验研究，所以下面将以制作Φ50×100mm标准试样的制作装置和方法为例，结合附图对本发明及其技术参数进行清晰与详细地描述。

[0036] 如图1所示，一种便捷式极软煤岩压实型试样制作装置，包括制样系统、脱模系统以及用于施加制样压力和压出试样的伺服试验机6及控制系统7三部分组成试样制作装置。其中，制样系统包括薄壁管状制样器3及其配件，配件为凸形柱状基座1和圆饼状压头2，制样系统的装配形式为：试样的配料通过基座1和压头2被定量载荷作用下于制样器3中压制成型。脱模系统包括管状脱模腔4、T形传力杆5和圆饼状压头2，脱模系统的装配形式为：装有试样的制样器置于管状脱模腔4之上，通过试验机6、T形传力杆5、圆饼状压头2自上而下将压力传递到试样顶端，定速压出试样。

[0037] 所述的薄壁管状制样器3、基座1、圆饼状压头2、管状脱模腔4和T形传力杆5都采用不锈钢进行加工制造。

[0038] 所述凸形柱状基座1，参见图2和3，其凸起部分高度设定为20mm，凸起部分直径设计为49.5mm，使得基座1与制样器3之间安装稳固且缝隙小。底部圆盘高度为10mm，直径为75mm。

[0039] 所述的压头2直径为49.5mm，高度为25mm，参见图4和5。

[0040] 所述的薄壁管状制样器3，外径为60mm，内径为50mm，且其内壁需要抛光处理，保证内壁较光滑。

[0041] 所述的薄壁管状制样器3外壁中间部位焊接有固定块，固定块沿圆形制样器3轴线对称布置，可实现制样器稳定放置于管状脱模腔4之上的目的，参见图6、7和8。

[0042] 所述的制样压力14.1kN，其大小应根据目标煤岩试样的使用目的进行合理设计；一般地，$F=P/C_{\sigma}*A$；式中：P为煤岩原岩地层垂直地应力7.2MPa，C_{σ}为1(定义为工程原型参数与实验室模型参数之比)，A为试样的横截面积19.6cm^2，F为制样压力，V为试样压出速度。

[0043] 所述的定速压出试样，是通过伺服试验机6及控制系统7进行试验机下压速度的均匀控制，速度设定为5mm/min。

[0044] 所述的管状脱模腔4参见图9和10，外径为80mm，内径为70mm，高度为200mm。

[0045] 所述的T形传力杆5，参见图11和12，其上部为圆盘，圆盘半径要大于等于管状脱模腔4外径，其中圆盘为100mm，确保试样挤出后T形传力杆5能悬挂于管状脱模腔4顶部；T形传力杆5的下部为圆柱体，圆柱体高度不小于目标试样高度，设计为100mm圆柱体半径要小于等于圆饼状压头2的半径，而且为了脱模装配系统的整体稳定性其半径也不宜过小，设计为40mm。

[0046] 本发明设计的一种软煤岩压实型试样制作方法，包括如下步骤：

[0047] 步骤一：首先采用电子称严格按照比例称取原材料，然后将原材料混合并搅拌均匀；

[0048] 步骤二：将搅拌好的相似材料按质量平均分为五份(层)装入制样器，每层采用伺服试验机按照120mm/min的速度快速压实，制样压力为14.1kN，并保持载荷10s；最后通过伺服试验机6对整个试样进行压制，压力保持时间10min；其中，相邻两层面之间需要刮毛后再填入下一层材料，增加每层之间的粘结性；另外，薄壁管状制样器3比试样高度高出25mm，主要方便第五份材料一次性加入制样器3；

[0049] 步骤三：首先按照自主设计脱模系统的装配形式进行安置，如图1所示，然后通过伺服试验机6以5mm/min的速度将成型试样稳速地压出，试样缓慢进入中空的脱模腔4内；底部放有软质材料，防止试样破坏；取出后的试样在室温下养护，该过程中不断测试含水量，待含水量达到目标值时，及时采用专用密封袋保存试样。

[0050] 具体的试验过程以及相关的试验数据如下：

[0051] (一)试验方案设计

[0052] 材料组成成分及其配比都对相似材料的物理和力学特性有影响，我们采用正交试验方法设计25组配比方案，具体见表1和2。正交设计方法的优点在于：方案包含了任意两个因素所有水平之间的组合，并且可以减少试验工作量。

[0053] 表1正交试验设计的4因素和5水平

[0054]

因素 / 水平	A-骨料/胶结剂	B-粗/细骨料	C-石膏/凡士林	D-碳酸钙（%）
1	6:1	1:9	5:5	2
2	7:1	2:8	6:4	3
3	8:1	3:7	7:3	4
4	9:1	4:6	8:2	5
5	10:1	5:5	9:1	6

[0055] 表2 25组材料成分配比方案

[0056]

因素 / 组别	骨料/胶结剂	粗/细骨料	石膏/凡士林	碳酸钙（%）
1	6:1	1:9	5:5	2
2	6:1	2:8	6:4	3
3	6:1	3:7	7:3	4
4	6:1	4:6	8:2	5
5	6:1	5:5	9:1	6
6	7:1	1:9	6:4	4
7	7:1	2:8	7:3	5
8	7:1	3:7	8:2	6
9	7:1	4:6	9:1	2
10	7:1	5:5	5:5	3
11	8:1	1:9	7:3	6
12	8:1	2:8	8:2	2
13	8:1	3:7	9:1	3
14	8:1	4:6	5:5	4
15	8:1	5:5	6:4	5
16	9:1	1:9	8:2	3
17	9:1	2:8	9:1	4
18	9:1	3:7	5:5	5
19	9:1	4:6	6:4	6
20	9:1	5:5	7:3	2

[0057]

21	10:1	1:9	9:1	5
22	10:1	2:8	5:5	6
23	10:1	3:7	6:4	2
24	10:1	4:6	7:3	3
25	10:1	5:5	8:2	4

[0058] (二)进一步的,本实验对极软煤样的制作工艺与改进

[0059] 在传统制作方法基础上,进行了试样制备模具的改进和制作工艺的改进,具体过程如下:

[0060] (1)采用电子称严格按照比例称取原材料(每组按照1000g总量测算);(2)将制样的3种配比材料混合并搅拌均匀;(3)将水与胶结剂混合物加热至45℃～50℃,使其熔为液态,然后迅速与材料混合均匀;(4)将搅拌好的相似材料按质量平均分为五份装入模具,其中,每层采用压力机按照120mm/min的速度快速压实,目标压力为14.14kN(计算应力为7.2MPa),并保持载荷10s,分层压实过程中的实际应力-时间曲线见下图13(a)。最后通过压力机对整个试样进行压制,其中成型压力7.2MPa,压力保持时间10min,主要为了使试样的

整体受力一致，整体加载的应力路径见图13(b)；注意相邻两层面之间需要刮毛后再填入下一层材料，增加每层之间的粘结性。模具内表面要求非常光滑以减小摩擦力。(5)借助自主设计的脱模装置，如图13(d)所示，通过压力机以5mm/min的速度将成型试样稳速地压出，试样缓慢进入中空的钢管内(底部放有软质材料，防止试样破坏)，取出的试样在室温下养护，该过程中不断测试含水量，待含水量达到目标值时，及时采用专用密封袋保存试样。其中试样成型和和脱模过程参见图示13(c)和(d)。

[0061] (三)试样的物理力学参数测试

[0062] 试样准备符合ISRM标准要求，高度是直径的两倍及以上，每组配比方案制作6个Φ50mm×102mm的试样，共制作了150个试样，其中每组中两个用于单轴压缩测试(由于采用改进后的试样制作方法，型煤试样离散性极低，两个可以满足试验)，三个用于截成6个Φ50mm×50mm的试样，开展变角剪切试验，还有一个备用。采用电液伺服材料试验机，开展试样的单轴压缩与变角压剪实验，试验步骤参照GBT 23561-2009《煤和岩石物理力学性质测定方法》，其中试样加载速率为0.5mm/min，试样断面不平整度不超过0.2mm。其中使用两种尺寸的试样参见附图14。

[0063] 需要特别指出的是，以往软煤(岩)试样在制作与传统脱模(拆开式)过程中很多都被破坏，采用本实验中改进后的试样脱模方法，制样成功率为100％。此外，人工捣实进行材料压实的方法难以实现定量压实材料的目的，会导致试样具有较高的离散性，其均一性和可重复性很差。本制作方法采用试验机定量和定时施加成型压力，从根本上解决了上述难题。

[0064] (四)试验结果分析与讨论

[0065] 正交试验的物理力学参数测试结果见表3。可见，密度在1.171～1.305g/cm^{3}之间，抗压强度在0.55～2.20MPa之间，弹性模量在32.06～196.18MPa之间，黏聚力在0.068～0.248MPa之间，内摩擦角在16.8～35.6°之间，25组相似材料物理力学参数变化范围较广，可用于模拟大部分极软煤的特性。

[0066] 表3 25组试样的物理力学参数

[0067]

编号	密度 (g/cm^3)	抗压强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	黏聚力 (MPa)	内摩擦角 (°)
1	1.235	0.67	39.76	0.131	17.4
2	1.248	1.24	76.22	0.153	23.8
3	1.251	1.68	91.90	0.192	27.2
4	1.253	1.82	141.45	0.201	32.4
5	1.242	1.74	152.75	0.248	35.6
6	1.228	0.91	35.11	0.132	18.2
7	1.229	1.49	108.22	0.164	20.4
8	1.231	1.94	163.66	0.185	27.8
9	1.296	2.05	181.85	0.203	32.8

[0068]

10	1.176	0.55	32.06	0.089	28.2
11	1.223	1.16	63.90	0.152	18.7
12	1.289	1.72	111.81	0.173	21.1
13	1.305	2.20	196.18	0.201	30.1
14	1.188	0.89	63.11	0.073	23.7
15	1.184	0.79	49.05	0.095	28.9
16	1.256	1.39	64.43	0.164	21.6
17	1.252	1.94	163.59	0.213	24
18	1.172	0.99	60.69	0.068	23.4
19	1.171	1.13	84.24	0.089	25.6
20	1.212	1.04	55.07	0.119	29.8
21	1.238	1.61	97.41	0.191	22.4
22	1.181	0.77	49.24	0.061	16.8
23	1.218	1.23	74.83	0.078	22.2
24	1.211	1.38	93.58	0.108	27.4
25	1.209	1.27	77.25	0.128	30.6

[0069] 以上所述仅是本发明的优选实例，而不是全部的实例。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，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

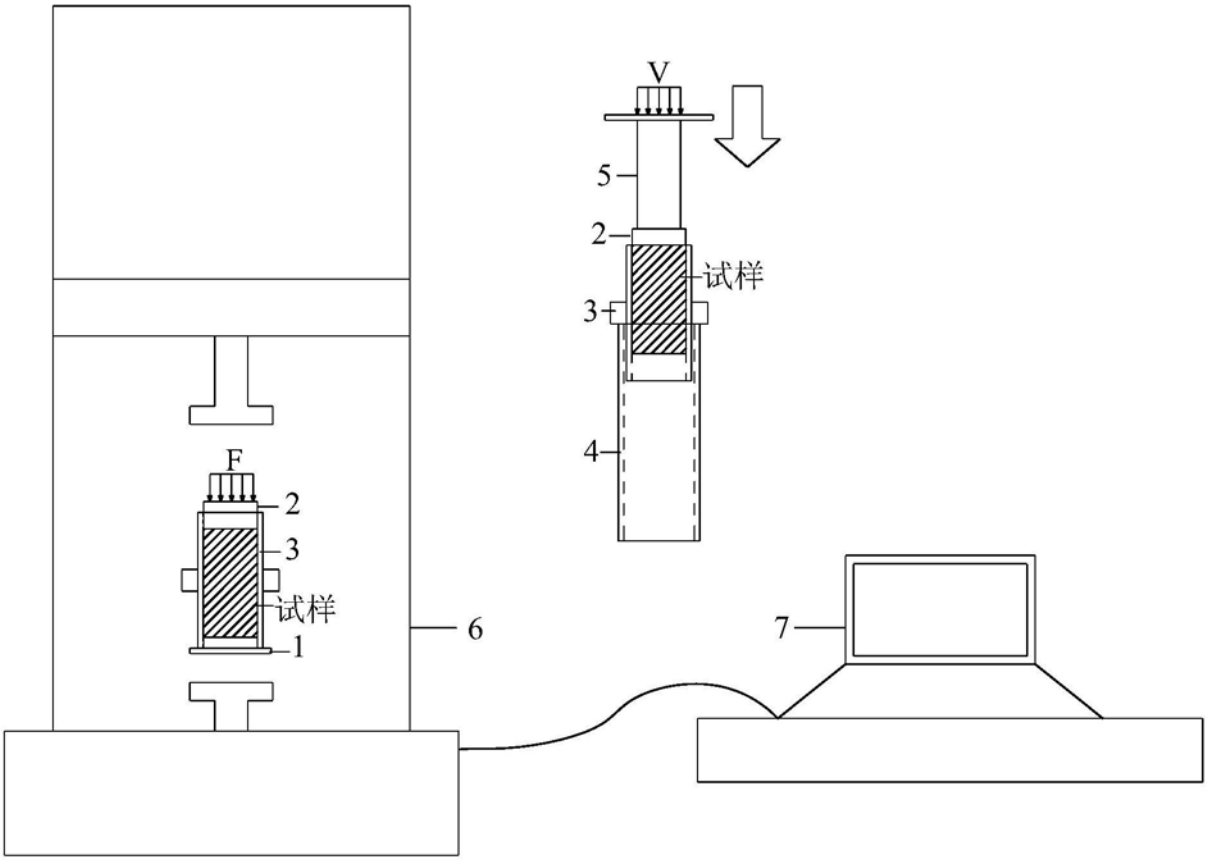


图1



图2

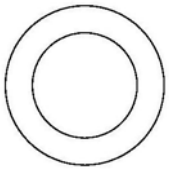


图3



图4

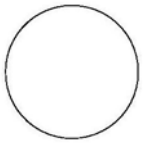


图5

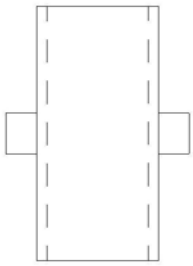


图6

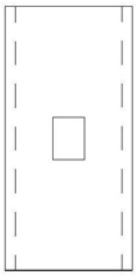


图7

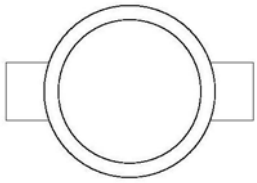


图8

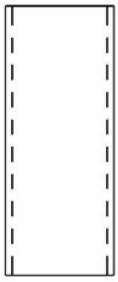


图9

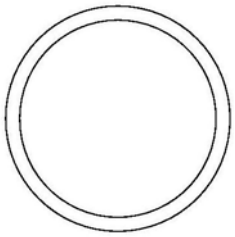


图10

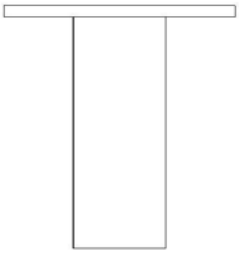


图11

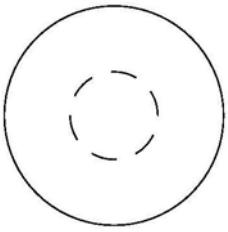
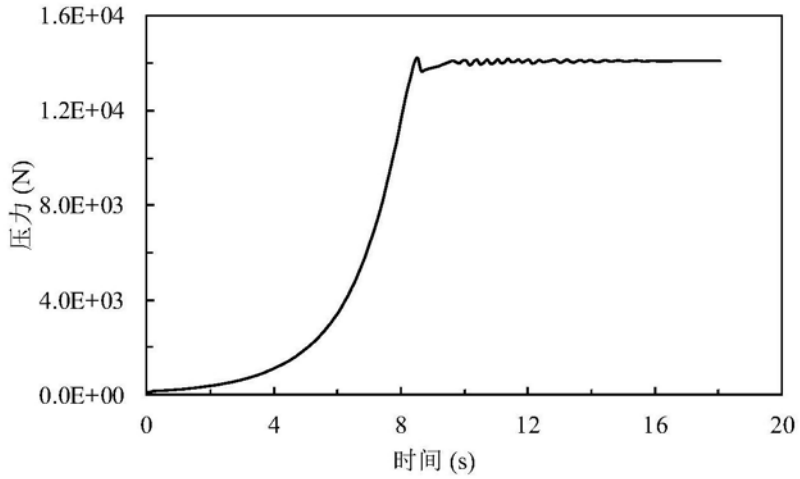
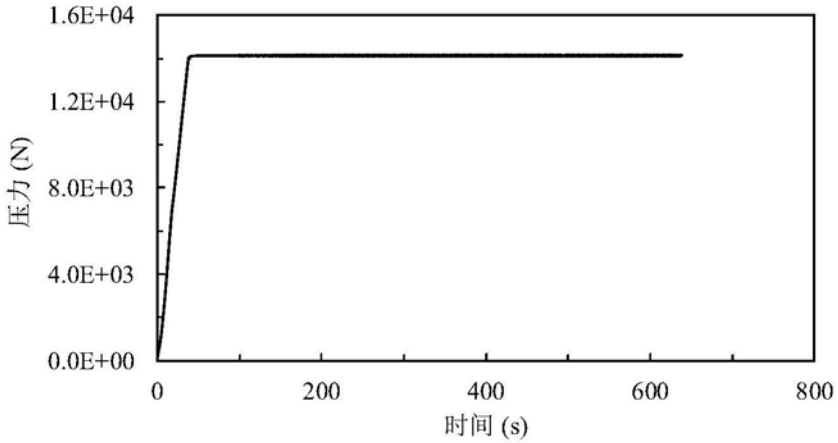


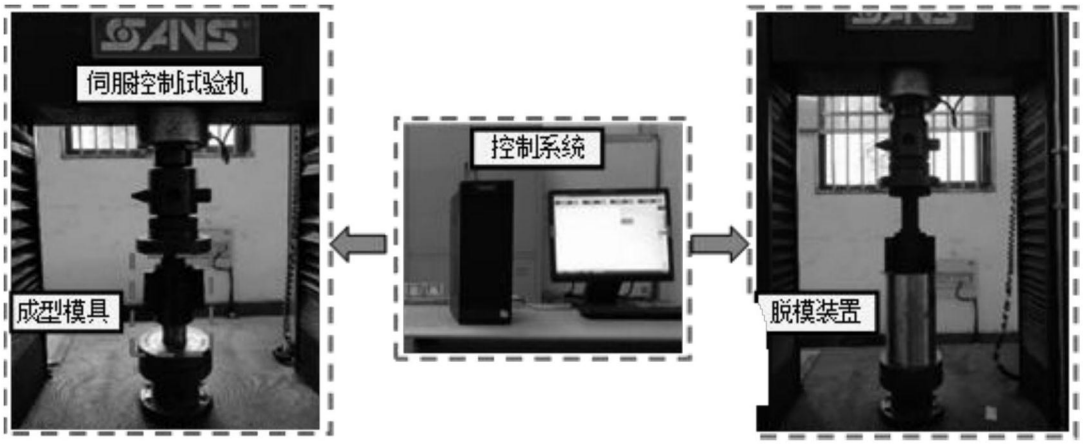
图12



（a）每一层材料压实过程的应力-时间曲线

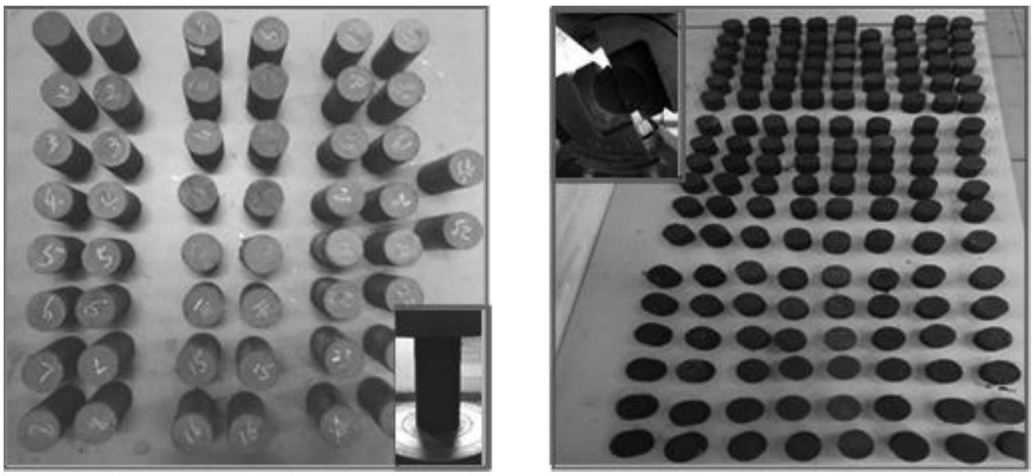


（b）试样整体加压的应力-时间曲线



（c）成型过程 （d）脱模装置

图13



（a）单轴抗压试验试样 （b）变角剪切试验试样

图14