(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105092398 B
(45)授权公告日 2017.08.15

(21)申请号 201510379897.8

(22)申请日 2015.07.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105092398 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 河海大学
地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛城西路8号

(72)发明人 谢发祥 陈林 叶蕾 周鹜 吉伯海 傅中秋 孔祥明

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所(普通合伙) 32204
代理人 李晓

(51)Int.Cl.
G01N 3/38(2006.01)

(56)对比文件
WO 03/007461 A1,2003.01.23,说明书第4页第1-26行,第5页第12行,说明书附图1.
CN 101144764 A,2008.03.19,全文.
CN 201212871 Y,2009.03.25,全文.
CN 201464278 U,2010.05.12,全文.
CN 102621015 A,2012.08.01,全文.
CN 202522488 U,2012.11.07,全文.
CN 103149020 A,2013.06.12,全文.
CN 103499483 A,2014.01.08,全文.
CN 103994923 A,2014.08.20,全文.
CN 204255782 U,2015.04.08,全文.
JP 特开2011-75510 A,2011.04.14,全文.
CN 203551383 U,2014.04.16,全文.
CN 101788433 A,2010.07.28,全文.
CN 103900916 A,2014.07.02,说明书第0013段,说明书附图1-2.

审查员 苏会珍

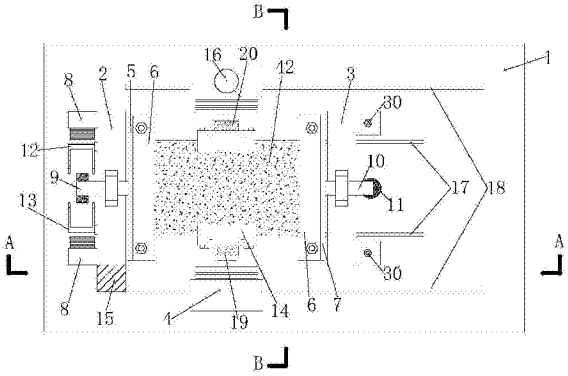
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机

(57)摘要

本发明公开了一种沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机,包括机架上的沥青混凝土试件夹持机构和电磁加载机构,其中夹持机构可翻转地安装在机架上,包括用于夹持沥青混凝土试件的两端的第一试件夹和第二试件夹,其转轴垂直于沥青混凝土试件的轴向;电磁加载机构包括轴向加载装置、弯曲加载装置和扭转加载装置。本发明采用电磁原理加载,可根据试件实际的受力需要,选择不同的加载模式,进行试件的单轴或多轴疲劳试验。同时可根据沥青混凝土的特性和试验需求,控制实际试验温度。



CN 105092398 B

1.一种沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机，包括沥青混凝土试件夹持机构、电磁加载机构和机架机构，其特征在于：

所述机架机构包括试验机底座和安装于试验机底座上方的固定台座、活动台座、移动架、永磁体架，固定台座、活动台座分别设置在沥青混凝土试件的两端，移动架设置在沥青混凝土试件的两侧边；所述活动台座与试验机底座之间具有第一导轨，活动台座可沿第一导轨移动，并可通过螺栓与试验机底座固定；所述移动架与试验机底座之间具有第二导轨，移动架可沿第二导轨移动，并可通过固定锁与试验机底座固定；

所述夹持机构可翻转地安装在固定台座和活动台座上，夹持机构包括用于夹持沥青混凝土试件两端的第一试件夹和第二试件夹，第一试件夹与第一摆动轴固接，第二试件夹与第二摆动轴固接，其转轴垂直于沥青混凝土试件的轴向；所述电磁加载机构包括轴向加载装置、弯曲加载装置和扭转加载装置；

所述轴向加载装置包括第一永磁体、第二永磁体、第一电磁铁和第二电磁铁，所述第一永磁体与第一电磁铁，以及第二永磁体与第二电磁铁之间所产生的磁力方向位于沥青混凝土试件的轴向上；

所述弯曲加载装置包括第三电磁铁、第三永磁体，所述第三永磁体与第三电磁铁之间所产生的磁力方向与沥青混凝土试件的轴向正交；

所述永磁体架设置在沥青混凝土试件的中间位置，永磁体架两端安装有第一永磁体和第二永磁体，永磁体架底端设有横梁，横梁通过滑动支座与永磁体架连接，第三永磁体安装在横梁底部；移动架底部安装第三电磁铁，移动架侧边安装有第一电磁铁和第二电磁铁，在移动架一侧的顶部安装温度计；

所述扭转加载装置包括主动摆杆、第四电磁铁、第四永磁体、第五电磁铁和第五永磁体，以及从动摆杆和质量球；所述第四永磁体和第五永磁体安装于主动摆杆末端的两侧，并与第四永磁体和第五永磁体位于同一直线上，在固定台座背面设有电磁铁底座，第四电磁铁和第五电磁铁安装在电磁铁底座上；在固定台座背面同时还安装有第一红外触发器和第二红外触发器；所述第一摆动轴通过转动支座安装在固定台座上，第一试件夹通过第一摆动轴与主动摆杆固定连接；所述第二摆动轴通过另一转动支座安装在活动台座上，第二试件夹通过第二摆动轴与从动摆杆固定连接，所述从动摆杆与第二摆动轴连接中心处安装长度调节开关，所述质量球安装于从动摆杆的末端；

该沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机的试验方法如下：

1)试验前，需将移动架沿第二轨道移动至合适位置，最终通过固定锁将移动架与试验机底座固定，第一电磁铁和第二电磁铁通过控制电流的大小以及电流大小变化速度产生不同大小的磁力，分别对第一永磁体和第二永磁体形成脉冲式吸引力，由此使沥青混凝土试件产生轴向循环加载的效果；

2)第三电磁铁通过控制电流大小以及电流大小变化速度产生不同大小的磁力，对第三永磁体形成变幅、变频的吸引力，并通过横梁和滑动支座将变幅、变频的吸引力传递至沥青混凝土试件，由此使沥青混凝土试件产生弯曲循环加载效果；

3)第四电磁铁对第四永磁体产生排斥力，同时第五电磁铁对第五永磁体产生吸引力，主动摆杆向右摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件转动，当主动摆杆转动至第二红外触发器位置时，第二红外触发器工作，改变第四、第五电磁铁中的电流方向，第五电

磁铁对第五永磁体产生排斥力，第四电磁铁对第四永磁体产生吸引力，主动摆杆开始向左摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件反方向转动；与此同时被动摆杆末端质量球的惯性力作用使沥青混凝土试件将产生扭转效应，通过长度调节开关可以调节被动摆杆的长度以调节扭矩的大小；同理，当主动摆杆转动至第一红外触发器位置时，运动方向又将改变，利用这种往复摆动的加载方式，进行沥青混凝土试件的扭转循环加载；

当单独使用三种加载模式的某一种时即可达到单轴加载的模式；当两种以上模式组合使用时即可达到多轴加载模式。

2.根据权利要求1所述的沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机，其特征在于：所述机架外部包围有保温罩，所述保温罩上具有温控装置。

沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用机械应力测试固体材料的强度特性的仪器，具体涉及一种沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机，属于结构试验领域。

背景技术

[0002] 疲劳失效是工程结构件最主要的破坏形式之一，它危及安全并造成巨大的经济损失。沥青混凝土路面作为道路结构的面层完全裸露于自然环境中，承受着各种车辆的反复作用和外界自然环境的周期变化影响。因此，研究沥青混凝土路面结构的力学性能及疲劳特性，必须同时考虑行车荷载和环境温度变化共同的作用。

[0003] 但是综合考察国内外沥青混凝土的研究现状，目前的沥青混凝土试验大多是进行单轴疲劳试验，综合考虑多轴和温度场作用的沥青混凝土疲劳试验还比较少见。基于以上情况，设计一种可模拟沥青混凝土实际受力状态多轴疲劳试验机已成为亟待解决的技术问题。

发明内容

[0004] 发明目的：为了克服现有技术中存在的不足，本发明提供一种多功能的沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机，采用电磁原理加载，没有机械摩擦，以提高试验效率、降低试验噪音和试验成本。

[0005] 技术方案：为解决上述技术问题，本发明提供的沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机，包括机架上的沥青混凝土试件夹持机构和电磁加载机构，所述夹持机构可翻转地安装在机架上，包括用于夹持沥青混凝土试件的两端的第一试件夹和第二试件夹，其转轴垂直于沥青混凝土试件的轴向；所述电磁加载机构包括轴向加载装置、弯曲加载装置和扭转加载装置。

[0006] 具体地，所述轴向加载装置包括第一永磁体、第二永磁体、第一电磁铁和第二电磁铁，所述第一永磁体与第一电磁铁，以及第二永磁体与第二电磁铁之间所产生的磁力方向位于沥青混凝土试件的轴向上。

[0007] 具体地，所述第一永磁体和第二永磁体安装在沥青混凝土试件的两侧，所述第一电磁铁和第二电磁铁安装在机架两侧的移动架的两侧。

[0008] 具体地，所述弯曲加载装置包括安装在移动架底部的第三电磁铁，以及安装在试件底部的第三永磁体，所述第三永磁体与第三电磁铁之间所产生的磁力方向与沥青混凝土试件的轴向正交。

[0009] 具体地，所述第一永磁体、第二永磁体和第三永磁体安装于永磁体架上，所述永磁体架具有用于夹持沥青混凝土试件中部的活动夹。

[0010] 具体地，所述弯曲加载装置包括主动摆杆、第四电磁铁、第四永磁体、第五电磁铁和第五永磁体，以及从动摆杆和和质量球；所述第一试件夹通过第一摆动轴与主动摆杆固定连接，所述第四永磁体和第五永磁体安装于主动摆杆末端的两侧，所述第四电磁铁和第

五电磁铁安装于机架上，并与第四永磁体和第五永磁体位于同一直线上；所述第二试件夹通过第二摆动轴与从动摆杆固定连接，所述质量球安装于从动摆杆的末端。

[0011] 具体地，所述机架包括底座和安装于试验机底座上方的固定台座、活动台座和移动架，所述活动台座与底座之间具有第一导轨，所述移动架与底座之间具有第二导轨，所述第一摆动轴安装于固定台座上，所述第二摆动轴安装于活动台座上。

[0012] 具体地，所述固定台座背面主动摆杆的摆动轨迹上安装有第一红外触发器和第二红外触发器，所述第一红外触发器和第二红外触发器接入第四电磁铁和第五电磁铁的控制电路中。

[0013] 具体地，所述机架外部包围有保温罩，所述保温罩上具有温控装置。

[0014] 本发明同时提出上述沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机的试验方法：

[0015] 1)第一电磁铁和第二电磁铁通过控制电流的大小和电流大小变化速度产生不同大小的磁力，分别对第一永磁铁和第二永磁铁形成脉冲式吸引力，由此使永磁铁架所夹住的沥青混凝土试件产生轴向循环加载的效果；

[0016] 2)第三电磁铁通过控制电流大小以及电流大小变化速度产生不同大小的磁力，对第三永磁铁形成变幅、变频的吸引力，并通过横梁和滑动支座将变幅、变频的吸引力传递至由永磁铁架所夹住的沥青混凝土试件，由此使试件产生弯曲循环加载效果；

[0017] 3)第四电磁铁对第四永磁铁产生排斥力，同时第五电磁铁对第五永磁铁产生吸引力，主动摆杆向右摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件转动，当主动摆杆转动至第二红外触发器位置时，第二红外触发器工作，改变第四、第五电磁铁中的电流方向，第五电磁铁对第五永磁铁产生排斥力，第四电磁铁对第四永磁铁产生吸引力，主动摆杆开始向左摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件反方向转动；与此同时被动摆杆末端的质量的球惯性力作用使沥青混凝土试件将产生扭转效应；同理，当主动摆杆转动至第一红外触发器位置时，运动方向又将改变，利用这种往复摆动的加载方式，进行沥青混凝土试件的扭转循环加载；

[0018] 当单独使用三种加载模式的某一种时即可达到单轴加载的模式；当两种以上模式组合使用时即可达到多轴加载模式；在试验过程中，保温罩罩住试验机，温控装置工作，可根据沥青混凝土实际工作温度，调节试验温度，温度计测定实时温度，并在温度显示屏显示实时温度。

[0019] 使用时，将沥青混凝土试件两端安放在第一试件夹和第二试件夹上，通过第一螺栓将沥青混凝土试件与第一、二试件夹固定。在沥青混凝土中间位置安装永磁铁架，永磁铁架两端安装有第一永磁铁和第二永磁铁，同时永磁铁架底端设有横梁，横梁通过滑动支座与永磁铁架连接，第三永磁铁安装在横梁底部。永磁铁架通过滑动支座可以相对横梁移动，以适应不同沥青混凝土试件的宽度。同时，活动台座可以沿着第一轨道移动，以适应不同沥青混凝土试件的长度。

[0020] 移动架底部安装有第三电磁铁，移动架两侧安装有第一电磁铁、第二电磁铁，在移动架一侧的顶部安装有温度计，以测定试验机试验过程中的环境温度。试验前，需将移动架沿第二轨道移动至合适位置，通过固定锁将移动架与试验机底座固定。

[0021] 第一摆动轴末端与主动摆杆固结，在主动摆杆末端两侧安装有第四永磁铁、第五永磁铁。在固定台座背面设有电磁铁底座，第四电磁铁、第五电磁铁安装在电磁铁底座上。

在固定台座背面同时还安装有第一红外触发器和第二红外触发器，第一红外触发器和第二红外触发器可在红外触发器底座上转动。

[0022] 第二摆动轴末端与被动摆杆固结，在被动摆杆末端安装有质量球。被动摆杆的长度可通过长度调节开关调节。

[0023] 为适应不同沥青混凝土试件的厚度，永磁铁架设有活动夹，齿条与活动夹连接，通过调节试件夹紧开关来实现活动夹上下移动，使永磁铁架将沥青混凝土试件夹紧。

[0024] 有益效果：本发明采用电磁原理加载，没有机械摩擦，可以提高试验效率、降低试验噪音和试验成本。研究人员可以根据试件实际的受力需要，选择不同的加载模式，进行试件的单轴或多轴疲劳试验。同时，可根据沥青混凝土的特性和试验需求，控制实际试验温度。

[0025] 除了上面所述的本发明解决的技术问题、构成技术方案的技术特征以及由这些技术方案的技术特征所带来的优点外，本发明的沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机所能解决的其他技术问题、技术方案中包含的其他技术特征以及这些技术特征带来的优点，将结合附图做出进一步详细的说明。

附图说明

[0026] 图1为本发明实施例中沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机的结构示意图；

[0027] 图2是图1的A-A剖视图；

[0028] 图3是图1的B-B剖视图；

[0029] 图4是图1的左视图；

[0030] 图5是图1的右视图；

[0031] 图6是图1中永磁体架的构造示意图；

[0032] 图7是图4的工作状态示意图；

[0033] 图8是图5的工作状态示意图；

[0034] 图9为本发明保温罩的示意图；

[0035] 图中：1试验机底座；2固定台座；3活动台座；4移动架；5第一试件夹；6卡片；7第二试件夹；8电磁铁底座；9第一摆动轴；10第二摆动轴；11质量球；12第一红外触发器；13第二红外触发器；14永磁体架；15温控装置；16温度计；17第一轨道；18第二轨道；19第一永磁体；20第二永磁体；21第三永磁体；22第三电磁铁；23横梁；24滑动支座；25主动摆杆；26被动摆杆；27转动支座；28第一螺栓；29固定锁；30第二螺栓；31试件夹紧开关；32第四电磁铁；33第五电磁铁；34第四永磁体；35第五永磁体；36第一电磁铁；37第二电磁铁；38红外触发器底座；39长度调节开关；40活动夹；41齿条；42沥青混凝土试件；43保温罩；44温度显示屏。

具体实施方式

[0036] 实施例：

[0037] 下面结合附图和具体实施例，进一步阐明本发明，应理解这些实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围，在阅读了本发明之后，本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

[0038] 如图1和图2所示，试验机主要包括1试验机底座、2固定台座、3活动台座、4移动架、

5第一试件夹、7第二试件夹、14永磁体架、19第一永磁体、20第二永磁体、21第三永磁体、22第三电磁铁、36第一电磁铁、37第二电磁铁、15温控装置，其中：固定台座2与试验机底座1固定，在试验机底座1上设有第一轨道17和第二轨道18，活动台座3可沿第一轨道17移动，移动架4可沿第二轨道18移动。第一试件夹5与第一摆动轴9固结，可在转动支座27内转动，第二试件夹7与第二摆动轴10固结，可在转动支座27内转动。

[0039] 沥青混凝土试件两端安放在第一试件夹5和第二试件夹7上，卡片6通过第一螺栓将沥青混凝土试件与第一、二试件夹固定。在沥青混凝土中间位置安装永磁体架14，永磁体架14两端安装有第一永磁体19和20第二永磁体，同时永磁体架底端设有横梁23，横梁23通过滑动支座24与永磁体架14连接，第三永磁体21安装在横梁23底部。永磁体架14通过滑动支座24可以相对横梁23进行移动，以适应不同沥青混凝土试件的宽度。同时，活动台座3可以沿着第一轨道17移动，以适应不同沥青混凝土试件的长度，并通过第二螺栓30与试验机底座1固定。

[0040] 如图3所示，移动架4底部安装有第三电磁铁22，移动架4两侧安装有第一电磁铁36、第二电磁铁37，在移动架4一侧的顶部安装有温度计16，以测定试验机试验过程中的环境温度。试验前，需将移动架4沿第二轨道18移动至合适位置，最终通过固定锁29将移动架4与试验机底座1固定。

[0041] 如图4所示，第一摆动轴9末端与主动摆杆25固结，在主动摆杆25末端两侧安装有第四永磁体34、第五永磁体35。在固定台座2背面设有电磁铁底座8，第四电磁铁32、第五电磁铁33安装在电磁铁底座8上。在固定台座2背面同时还安装有第一红外触发器12和第二红外触发器13，第一红外触发器12和第二红外触发器13可在红外触发器底座38上转动。

[0042] 如图5所示，第二摆动轴10末端与被动摆杆26固结，在被动摆杆26末端安装有质量球11。被动摆杆26的长度可通过长度调节开关39调节。

[0043] 如图6所示，为适应不同沥青混凝土试件的厚度，永磁体架14设有活动夹40，齿条41与活动夹40连接，通过调节试件夹紧开关31来实现活动夹40上下移动，使永磁体架14将沥青混凝土试件42夹紧。

[0044] 本沥青混凝土电磁式多轴疲劳试验机的原理是：1、第一电磁铁36和第二电磁铁37通过控制电流的大小和电流大小变化速度产生不同大小的磁力，分别对第一永磁体19和第二永磁体20形成脉冲式吸引力，由此使永磁体架14所夹住的沥青混凝土试件产生轴向循环加载的效果；2、第三电磁铁22通过控制电流大小以及电流大小变化速度产生不同大小的磁力，对第三永磁体21形成变幅、变频的吸引力，并通过横梁23和滑动支座24将变幅、变频的吸引力传递至由永磁体架14所夹住的沥青混凝土试件，由此使试件产生弯曲循环加载效果；3、为使沥青混凝土试件达到扭转循环加载的效果，第四电磁铁32、第五电磁铁33进行协同工作，工作时第四电磁铁32对第四永磁体34产生排斥力，同时第五电磁铁33对第五永磁体35产生吸引力，主动摆杆25向右摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件转动，当主动摆杆25转动至第二红外触发器13位置时，如图7所示，第二红外触发器13工作，改变第四、第五电磁铁中的电流方向，第五电磁铁33对第五永磁体35产生排斥力，第四电磁铁32对第四永磁体34产生吸引力，主动摆杆25开始向左摆动，带动第一、二试件夹夹住的沥青混凝土试件反方向转动，与此同时，被动摆杆26末端的质量球11，如图8所示，仍具有沿原运动方向继续运动的趋势，因此在质量球11的惯性力作用下，沥青混凝土试件将产生扭转效应。

同理，当主动摆杆25转动至第一红外触发器12位置时，其运动方向又将改变，利用这种往复摆动的加载方式，实现对沥青混凝土试件的扭转循环加载。

[0045] 当单独使用这三种加载模式的某一种时可达到单轴加载的模式，当组合使用一种以上的模式时即可实现多轴加载模式。在试验过程中，保温罩43罩住试验机，温控装置15工作，可根据沥青混凝土实际工作温度，调节试验温度，温度计16测定实时温度，并在温度显示屏44显示实时温度。

[0046] 以上结合附图对本发明的实施方式做出详细说明，但本发明不局限于所描述的实施方式。对本领域的普通技术人员而言，在本发明的原理和技术思想的范围内，对这些实施方式进行实施方式进行多种变化、修改、替换和变形仍落入本发明的保护范围内。

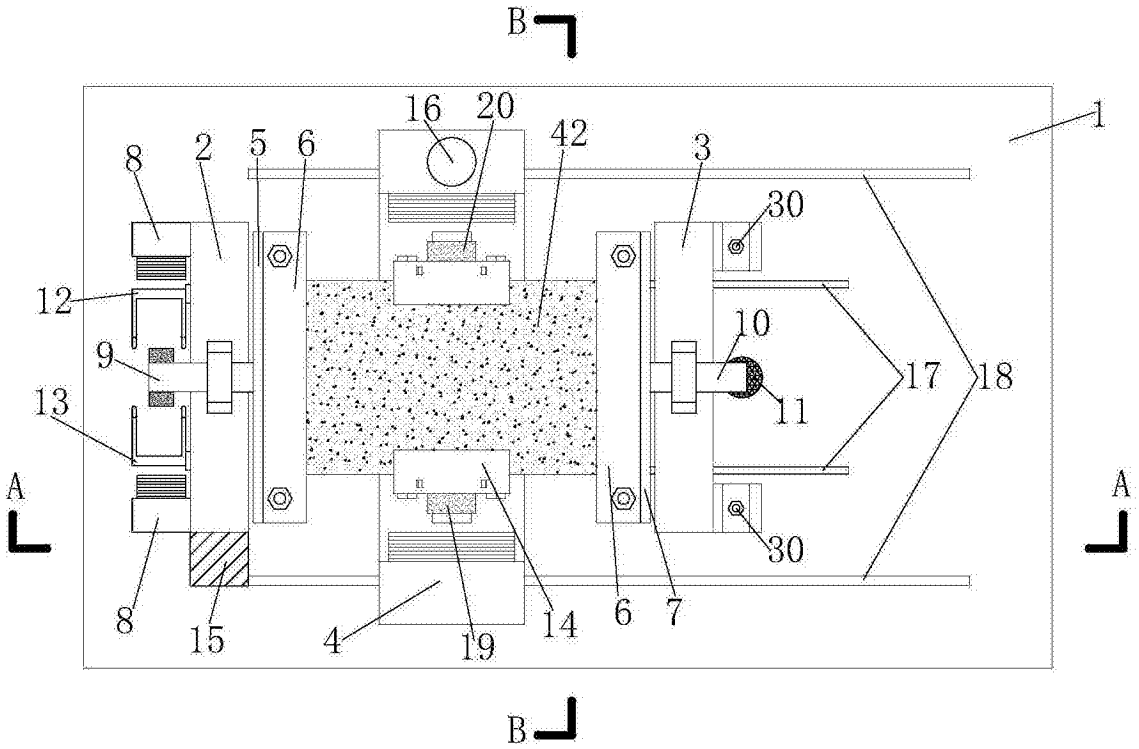
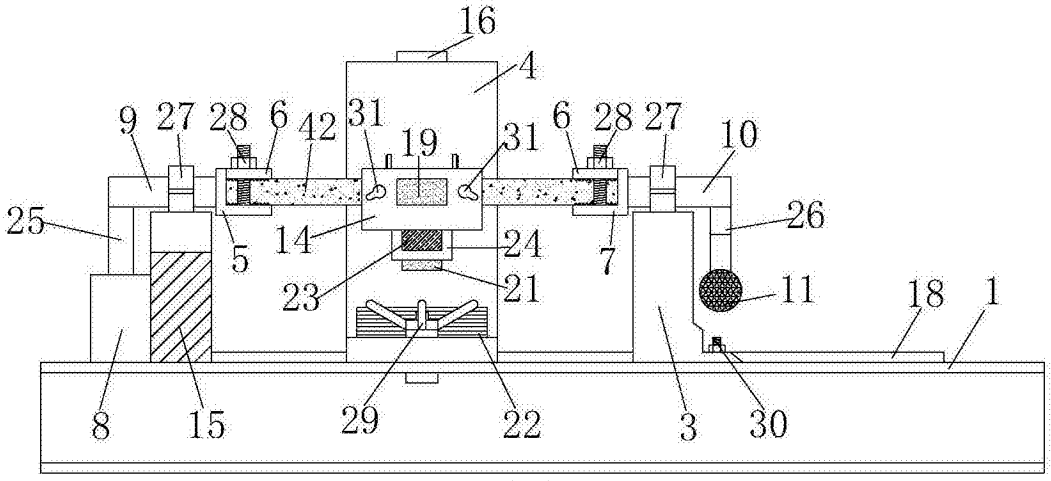

B
A
A
B
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
30
42

图1


16
4
9
27
28
6
42
31
19
31
6
28
27
10
25
5
14
24
7
26
23
21
11
18
1
8
15
29
22
3
30

A-A

图2

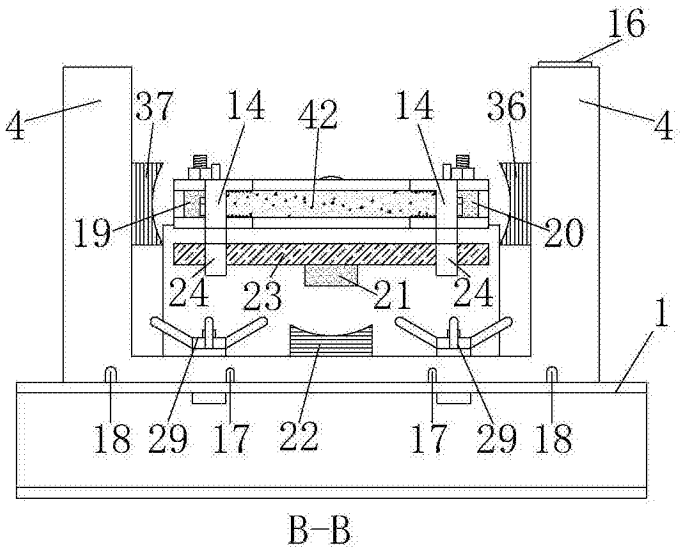

16
4
37
14
42
14
36
4
19
20
24
23
21
24
1
18
29
17
22
17
29
18
B-B

图3

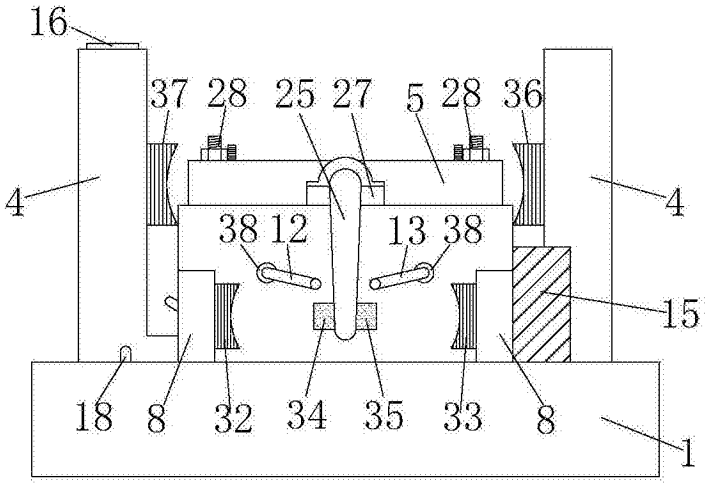

16
37
28
25
27
5
28
36
4
4
38
12
13
38
15
18
8
32
34
35
33
8
1

图4

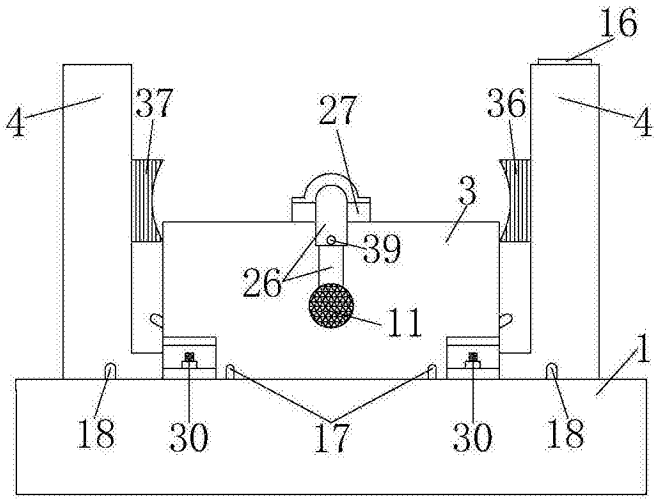

16
4
37
27
36
4
3
39
26
11
1
18
30
17
30
18

图5

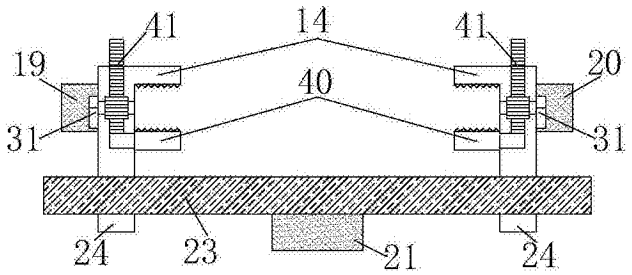

41
14
41
19
20
40
31
31
24
23
21
24

图6

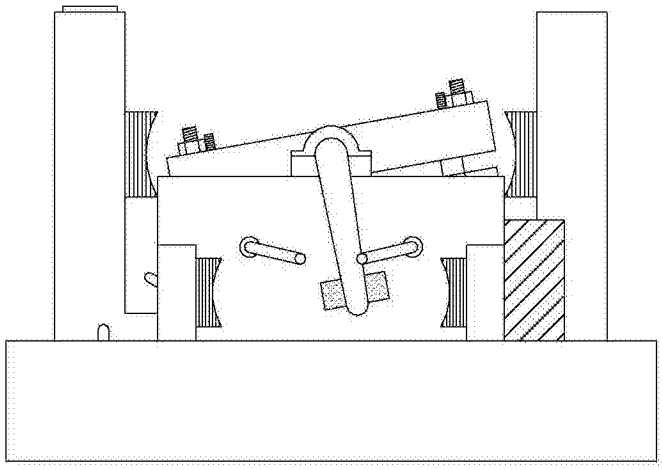


图7

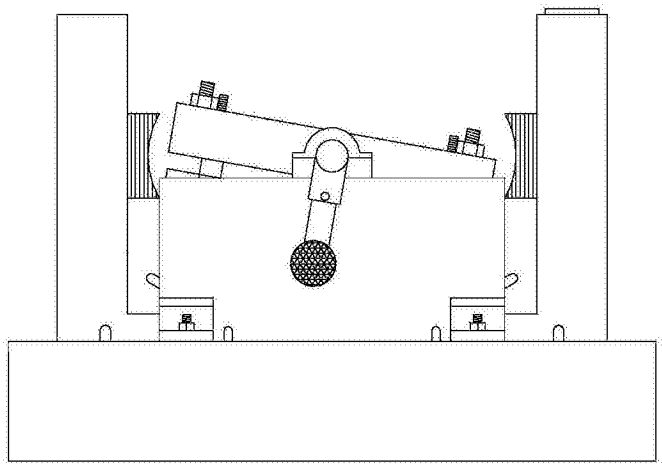


图8

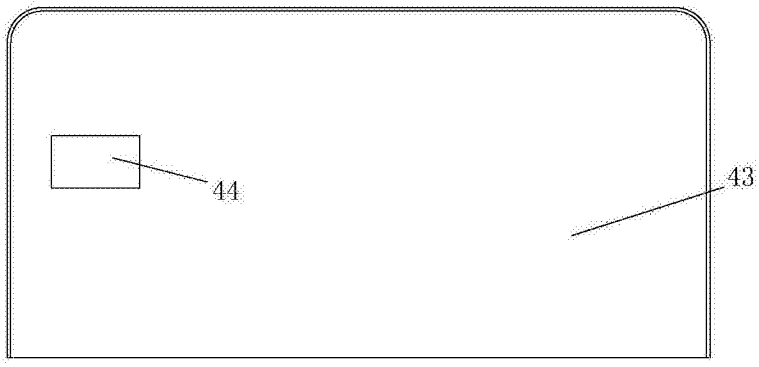


图9