



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104440952 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410677649. 7

(22) 申请日 2014. 11. 21

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084 信箱 82  
分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 闫晨飞 孙振国 张文增 陈强

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 邸更岩

(51) Int. Cl.

B25J 19/00(2006. 01)

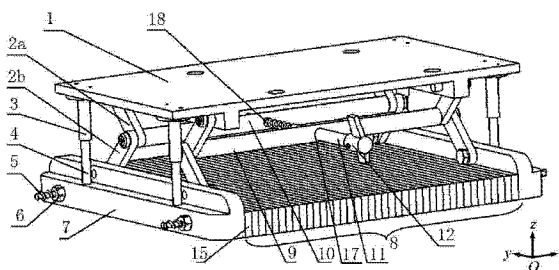
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种永磁体平台及采用该永磁体平台的永磁间隙吸附装置

(57) 摘要

一种永磁体平台及采用该永磁体平台的永磁间隙吸附装置,主要用于永磁间隙吸附爬壁机器人上。为克服现有永磁体平台磁路不够合理,漏磁较多,磁吸附力与自身重量比值较小的缺点,本发明公开了一种新型永磁体平台,所述永磁体平台采用不同充磁方向的永磁体排列而成,磁路更合理,减少了漏磁,增大了磁吸附力与自身重量的比值;所述永磁间隙吸附装置包括定位板、升降机构和永磁体平台;所述升降机构由曲柄导杆机构和螺旋传动机构组合而成,通过升降机构的升降运动调节永磁体平台和导磁壁面的距离,从而调节磁吸附力的大小。本发明所述永磁间隙吸附装置吸附性能良好,磁吸附力可调,具有良好的应用前景。



1. 一种永磁体平台,其特征在于:所述永磁体平台包括至少两块永磁体(15),每块永磁体(15)均为长方体,在空间直角坐标系 $O-xyz$ 中,每块永磁体(15)的三个方向的棱分别平行于 $x$ 轴、 $y$ 轴和 $z$ 轴,所有永磁体(15)沿 $x$ 轴方向紧密排列,相邻的 $n$ 块永磁体(15)组成一个永磁体单元(16), $n$ 为大于或等于2的正整数,不同永磁体单元(16)中永磁体(15)的数量相同或不同;在每个所述永磁体单元(16)中,每块永磁体(15)的充磁方向均平行于 $xOz$ 平面,以 $x$ 轴正方向为基准,取顺时针方向为正,沿 $x$ 轴正方向第 $i$ 块永磁体(15)的充磁方向与 $x$ 轴正方向的夹角为 $\theta_i$ , $i=1,2,\dots,n$ ,其中 $-90^\circ \leq \theta_1 < 0^\circ$ 且 $0^\circ < \theta_n \leq 90^\circ$ ,或 $90^\circ \leq \theta_1 < 180^\circ$ 且 $180^\circ < \theta_n \leq 270^\circ$ , $\theta_i$ 随 $i$ 的增大而增大。

2. 如权利要求1所述的永磁体平台,其特征在于:在每个所述永磁体单元(16)中,沿 $x$ 轴正方向第 $i$ 块永磁体(15)的宽度 $W_i$ ,以及其充磁方向与 $x$ 轴正方向的夹角 $\theta_i$ 满足: $W_i = W_{n-i+1}$ ;当 $\theta_i < 90^\circ$ 时 $\theta_i = -\theta_{n-i+1}$ ,当 $\theta_i > 90^\circ$ 时 $\theta_i - 180^\circ = 180^\circ - \theta_{n-i+1}$ , $i=1,2,\dots,n$ 。

3. 如权利要求1或2所述的永磁体平台,其特征在于:对于相邻两个所述永磁体单元(16),其中一个永磁体单元(16)中各永磁体的充磁方向与 $x$ 轴正方向的夹角均小于 $90^\circ$ ,另一个永磁体单元(16)中各永磁体的充磁方向与 $x$ 轴正方向的夹角均大于 $90^\circ$ 。

4. 一种采用如权利要求1所述永磁体平台的永磁间隙吸附装置,其特征在于:所述永磁间隙吸附装置包括定位板(1)、升降机构和永磁体平台(8);所述升降机构包括曲柄导杆机构、具有自锁功能的螺旋传动机构和侧挡板(7);所述螺旋传动机构包括转动连接杆(9)、螺旋连接杆(10)和调节螺杆(11),转动连接杆(9)上设有一通孔(17),螺旋连接杆(10)上设有一螺纹孔(18),调节螺杆(11)穿过通孔(17)与螺纹孔(18)构成螺旋副;转动连接杆(9)的两端分别设置一个曲柄导杆机构,螺旋连接杆(10)的两端分别设置一个曲柄导杆机构;每个曲柄导杆机构包括第一连杆(2a)、第二连杆(2b)、套筒(3)和导杆(4),第一连杆(2a)的一端与定位板(1)铰接,第二连杆(2b)的一端与侧挡板(7)铰接;转动连接杆(9)与第一连杆(2a)的另一端以及第二连杆(2b)的另一端组成复合铰链,螺旋连接杆(10)与第一连杆(2a)的另一端以及第二连杆(2b)的另一端组成复合铰链;套筒(3)的一端固定在定位板(1)上,导杆(4)的一端固定在侧挡板(7)上,套筒(3)和导杆(4)构成移动副;侧挡板(7)位于永磁体平台(8)的两侧且和永磁体平台(8)固定在一起。

5. 如权利要求4所述的永磁间隙吸附装置,其特征在于:所述调节螺杆(11)与手动旋钮(12)或电驱动系统相连;电驱动系统包括电机(13)、驱动器、控制器和距离传感器(14)。

## 一种永磁体平台及采用该永磁体平台的永磁间隙吸附装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种永磁体平台及采用该永磁体平台的永磁间隙吸附装置,尤其是涉及一种用于永磁间隙吸附爬壁机器人上的永磁间隙吸附装置,属于间隙吸附设备技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着材料技术的发展,永磁体的性能越来越优良,得到越来越广泛的应用。永磁吸附装置是永磁体应用中十分重要的一类,其对铁磁材料的吸附能力优于真空吸附等其它吸附方式,重量和体积更小,与电磁吸附相比,无需电源和冷却等附属设备,没有意外断电失去磁吸附力的安全隐患,因而有着广阔的应用前景。一种典型应用是永磁间隙吸附爬壁机器人,永磁吸附装置安装在爬壁机器人底盘上,与导磁壁面之间有一定的间隙,两者之间产生磁吸附力。当永磁吸附装置在这样的状况下使用时,称之为永磁间隙吸附装置。

[0003] 从功能上讲,永磁间隙吸附装置主要由两部分组成:永磁体平台和磁吸附力调节机构。永磁体平台的功能是产生磁场,其磁路的优劣直接影响到整个装置的吸附性能。传统永磁体平台为保证有效磁通路径和避免磁饱和效应,需要大量的软铁作为磁轭,这使得传统永磁体平台重量较大,不仅增加了成本,而且降低了整个吸附装置的负载能力。申请日为2013年9月18日,申请号为201310424613.3的专利文献公开的“一种吸附力可调节永磁间隙吸附装置”使用的就是这种磁路。马蹄形磁铁也被用于永磁体平台中,虽不需使用磁轭,但是漏磁严重,磁能利用率低,造成永磁材料的浪费,而且体积较大。因此,有必要对现有永磁体平台的磁路进行优化,使其在具有强负载能力的同时,自身重量尽量小,漏磁尽量少。

[0004] 爬壁机器人需要承载一定的负载,因此需要足够的磁吸附力,但是过大的磁吸附力又会使爬壁机器人移动时的阻力过大,不利于其移动灵活性,因此爬壁机器人的吸附力应可调,以保证在适当的范围内。另一方面,爬壁机器人需要从导磁壁面上取下,当吸附力较大时,直接取下非常费力,倘若先把磁吸附力调至较小值,则更容易取下。由于永磁吸附不能像电磁吸附那样通过改变电流的大小来改变磁吸附力大小,因此需要设计相应的机构来进行调节。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有永磁体平台磁路不够合理的缺点,设计一种新型的永磁体平台,使其在具有强负载能力的同时,自身重量尽量小,漏磁尽量少;采用该永磁体平台,设计一种永磁间隙吸附装置,主要用于永磁间隙吸附爬壁机器人上。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种永磁体平台,其特征在于:所述永磁体平台包括至少两块永磁体,每块永磁体均为长方体,在空间直角坐标系 $O-xyz$ 中,每块永磁体的三个方向的棱分别平行于 $x$ 轴、 $y$ 轴和 $z$ 轴,所有永磁体沿 $x$ 轴方向紧密排列,相邻的 $n$ 块永磁体组成一个永磁体单元, $n$ 为

大于或等于 2 的正整数,不同永磁体单元中永磁体的数量相同或不同;在每个所述永磁体单元中,每块永磁体的充磁方向均平行于  $xOz$  平面,以  $x$  轴正方向为基准,取顺时针方向为正,沿  $x$  轴正方向第  $i$  块永磁体的充磁方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $\theta_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , 其中  $-90^\circ \leq \theta_i < 0^\circ$  且  $0^\circ < \theta_n \leq 90^\circ$ , 或  $90^\circ \leq \theta_i < 180^\circ$  且  $180^\circ < \theta_n \leq 270^\circ$ ,  $\theta_i$  随  $i$  的增大而增大。

[0008] 本发明所述的永磁体平台,其特征还在于:在每个所述永磁体单元中,沿  $x$  轴正方向第  $i$  块永磁体的宽度  $W_i$ , 以及其充磁方向与  $x$  轴正方向的夹角  $\theta_i$  满足:  $W_i = W_{n-i+1}$ ; 当  $\theta_i < 90^\circ$  时  $\theta_i = -\theta_{n-i+1}$ , 当  $\theta_i > 90^\circ$  时  $\theta_i - 180^\circ = 180^\circ - \theta_{n-i+1}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0009] 本发明所述的永磁体平台,其另一技术特征是:对于相邻两个所述永磁体单元,其中一个永磁体单元中各永磁体的充磁方向与  $x$  轴正方向的夹角均小于  $90^\circ$ , 另一个永磁体单元中各永磁体的充磁方向与  $x$  轴正方向的夹角均大于  $90^\circ$ 。

[0010] 本发明提供了一种采用所述永磁体平台的永磁间隙吸附装置,其特征在于:所述永磁间隙吸附装置包括定位板、升降机构和永磁体平台;所述升降机构包括曲柄导杆机构、具有自锁功能的螺旋传动机构和侧挡板;所述螺旋传动机构包括转动连接杆、螺旋连接杆和调节螺杆,转动连接杆上设有一通孔,螺旋连接杆上设有一螺纹孔,调节螺杆穿过通孔与螺纹孔构成螺旋副;转动连接杆的两端分别设置一个曲柄导杆机构,螺旋连接杆的两端分别设置一个曲柄导杆机构;每个曲柄导杆机构包括第一连杆、第二连杆、套筒和导杆,第一连杆的一端与定位板铰接,第二连杆的一端与侧挡板铰接;转动连接杆与第一连杆的另一端以及第二连杆的另一端组成复合铰链,螺旋连接杆与第一连杆的另一端以及第二连杆的另一端组成复合铰链;套筒的一端固定在定位板上,导杆的一端固定在侧挡板上,套筒和导杆构成移动副;侧挡板位于永磁体平台的两侧且和永磁体平台固定在一起。

[0011] 本发明所述永磁体平台的永磁间隙吸附装置,其特征还在于:所述调节螺杆与手动旋钮或电驱动系统相连;电驱动系统包括电机、驱动器、控制器和距离传感器。

[0012] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及突出性的技术效果:

[0013] (1) 永磁体平台不需要磁轭,有效减轻了重量。

[0014] (2) 永磁体的形状、排列方式和充磁方向的设置,有利于将尽量多的磁感线聚集在有效磁通路径中,使漏磁尽量少,提高了磁能利用率。

[0015] (3) 运用有限元分析工具对永磁体的参数进行了优化,充分发挥了永磁体性能,使得永磁体单元所能提供的磁吸附力和自重的比值达到最大。

[0016] (4) 螺旋传动机构传动比大,因而需要的扭矩较小。升降机构自由度为 1, 即只需螺杆一个主动件,手动操作时简便快捷,电机驱动时易于驱动和控制。

[0017] (5) 整个系统构成闭环控制系统,有利于提高永磁体平台和导磁壁面的距离  $L_g$  的精度;只需改变控制器中  $L_g$  的设定值即可改变  $L_g$ , 操作简便。

## 附图说明

[0018] 图 1 是永磁体平台的一种结构的轴测图。

[0019] 图 2 是图 1 所示永磁体平台的主视图。

[0020] 图 3a、3b 分别是图 1 所示永磁体平台中一个永磁体单元的主视图和俯视图。

[0021] 图 4 是图 3 所示永磁体单元的磁感应强度分布图。

[0022] 图 5a、5b 分别是永磁体单元的另一种结构的主视图和俯视图。

[0023] 图 6 是永磁间隙吸附装置采用手动旋钮的实施例的轴测图。

[0024] 图 7 是永磁间隙吸附装置采用手动旋钮的实施例的左视图。

[0025] 图 8 是永磁间隙吸附装置的采用电驱动系统的实施例的轴测图。

[0026] 图 9 是永磁间隙吸附装置安装在爬壁机器人上时的工作原理示意图。

[0027] 图 10 是间隙最小时永磁间隙吸附装置的主视图。

[0028] 图 11 是间隙最大时永磁间隙吸附装置的主视图。

[0029] 在以上附图中：

[0030] 1- 定位板, 2a- 第一连杆, 2b- 第二连杆, 3- 套筒, 4- 导杆, 5- 连接螺杆, 6- 锁紧螺母, 7- 侧挡板, 8- 永磁体平台, 9- 转动连接杆, 10- 螺旋连接杆, 11- 调节螺杆, 12- 手动旋钮, 13- 电机, 14- 距离传感器, 15- 永磁体, 16- 永磁体单元, 17- 通孔, 18- 螺纹孔, 100- 永磁间隙吸附装置, 200- 爬壁机器人底盘, 300- 导磁壁面。

### 具体实施方式

[0031] 下面结合附图及实施例进一步详细描述本发明。

[0032] 图 1 是永磁体平台的一种结构的轴测图, 图 2 是图 1 所示永磁体平台的主视图, 即沿 y 轴正方向的视图。图 1 和图 2 中的箭头表示永磁体的充磁方向。永磁体平台 8 含有 5 个永磁体单元 16, 每个永磁体单元 16 含有 8 块永磁体 15, 所有永磁体 15 沿 x 轴方向紧密排列。在每个永磁体单元 16 中, 每块永磁体 15 的充磁方向均平行于 xOz 平面, 以 x 轴正方向为基准, 取顺时针方向为正, 沿 x 轴正方向第 i 块永磁体 15 的充磁方向与 x 轴正方向的夹角  $\theta_i$  满足:  $-90^\circ \leq \theta_i < 0^\circ$  且  $0^\circ < \theta_8 \leq 90^\circ$ , 或  $90^\circ \leq \theta_i < 180^\circ$  且  $180^\circ < \theta_8 \leq 270^\circ$ ,  $\theta_i$  随 i 的增大而增大,  $i = 1, 2, \dots, 8$ 。经过这样的设置, 在一个永磁体单元 16 中, 各充磁方向头尾依次连接, 可以拟合出一条曲线, 该曲线从永磁体单元 16 的一侧穿入和穿出, 且具有方向变化缓慢的特征, 这正符合磁感线的分布规律, 因此磁感线会从永磁体单元 16 的同一侧穿入和穿出, 在永磁体单元 16 内部大致沿着该曲线分布, 只有很少的磁感线会进入另一侧的空间中。磁感线穿入和穿出永磁体单元 16 的一侧为强磁场侧, 另一侧为弱磁场侧。当导磁壁面位于强磁场侧时, 磁感线会经过永磁体单元 16、导磁壁面和两者之间的气隙形成闭合回路。这样便实现了在不使用磁轭的情况下, 将尽量多的磁场聚集在有效磁通路中, 减少了漏磁, 提高了磁能利用率。

[0033] 由图 1 和图 2 可以看出, 对于相邻两个所述永磁体单元 16, 其中一个永磁体单元 16 中各永磁体 15 的充磁方向与 x 轴正方向的夹角均小于  $90^\circ$ , 另一个永磁体单元 16 中各永磁体 15 的充磁方向与 x 轴正方向的夹角均大于  $90^\circ$ 。这样设置是为了使相邻永磁体单元 16 的磁场是互斥的, 除了最外侧的两个永磁体单元 16, 其他永磁体单元 16 产生的磁场受到其两侧磁场的排斥挤压, 被限制在其正下方的区域内, 这样有利于增大磁吸附力。侧挡板 7 应使用非导磁材料, 如铝合金, 这样有利于减少最两侧永磁体 15 侧面的漏磁。根据有限元分析和优化结果: 永磁体单元 16 数量越大, 磁吸附力和永磁体重量的比值越大。

[0034] 图 3a、3b 是图 1 所示永磁体平台中一个永磁体单元的主视图和俯视图, 八块永磁体的参数如图所示。根据有限元分析和优化结果: 永磁体长度  $L_m$  越大, 磁吸附力和永磁体重量的比值越大。对于如图所示的永磁体单元, 当本发明所述永磁体采用钕铁硼永磁材料, 牌

号为 42SH, 与导磁壁面的距离  $L_g = 6\text{mm}$ , 永磁体长度  $L_m = 200\text{mm}$  时, 经有限元分析和参数优化, 各尺寸参数具有如下的最优值:  $H = 14.8\text{mm}$ ,  $W_1 = W_8 = 4.85\text{mm}$ ,  $W_2 = W_7 = 4.5\text{mm}$ ,  $W_3 = W_6 = 4.73\text{mm}$ ,  $W_4 = W_5 = 4.5\text{mm}$ ,  $-\theta_1 = \theta_8 = 79.25^\circ$ ,  $-\theta_2 = \theta_7 = 57.74^\circ$ ,  $-\theta_3 = \theta_6 = 34.94^\circ$ ,  $-\theta_4 = \theta_5 = 11.6^\circ$ 。此时永磁体平台的总体尺寸为  $20\text{cm} \times 18.6\text{cm} \times 1.48\text{cm}$ , 质量为  $4.13\text{kg}$ , 可提供  $6537\text{N}$  的磁吸附力, 磁吸附力和永磁体重量的比值约为 164。当  $L_g$  增大至  $20\text{mm}$  时, 磁吸附力减小为  $583\text{N}$ , 相比较  $L_g = 6\text{mm}$  时减小了很多, 便于卸载。当  $L_g$  在  $6\text{mm}$  和  $20\text{mm}$  之间连续变化时, 磁吸附力可以连续调节。

[0035] 图 4 是所示永磁体单元的磁感应强度分布图, 图中的箭头表示磁感应强度的方向, 各参数采用最优值。从图 4 中可以看出, 该永磁体单元 16 产生的磁场确实按照前述分析的, 聚集在永磁体单元 16、导磁壁面和两者之间的空隙中, 永磁体单元 16 上方几乎没有漏磁; 该永磁体单元 16 产生的磁场受到其两侧磁场的排斥挤压, 被限制在其正下方的区域内。

[0036] 图 5a、5b 分别是永磁体单元的另一种结构的主视图和俯视图。永磁体单元采用四块永磁体组成, 同样使用钕铁硼 42SH, 在  $L_g = 6\text{mm}$ ,  $L_m = 200\text{mm}$  的条件下, 各尺寸参数的最优值为:  $H = 14.5\text{mm}$ ,  $W_1 = W_4 = 10.1\text{mm}$ ,  $W_2 = W_3 = 8.7\text{mm}$ ,  $-\theta_1 = \theta_4 = 67.89^\circ$ ,  $-\theta_2 = \theta_3 = 21.93^\circ$ 。同样按照相邻永磁体单元彼此排斥的排列方式, 永磁体平台的总体尺寸为  $20\text{cm} \times 18.8\text{cm} \times 1.45\text{cm}$ , 质量为  $4.1\text{kg}$ , 可提供  $6240\text{N}$  的磁吸附力, 磁吸附力和永磁体重量的比值约为 155。

[0037] 图 6 是永磁间隙吸附装置采用手动旋钮的实施例的轴测图, 图 7 是永磁间隙吸附装置采用手动旋钮的实施例的左视图。定位板 1 通过其上的四个较大的安装孔安装在爬壁机器人的底盘上。第一连杆 2a、第二连杆 2b、套筒 3、导杆 4 组成曲柄导杆机构, 第一连杆 2a 的一端与定位板 1 铰接, 第二连杆 2b 的一端与侧挡板 7 铰接, 套筒 3 的一端固定在定位板 1 上, 导杆 4 的一端固定在侧挡板 7 上, 套筒 3 和导杆 4 构成移动副。转动连接杆 9、螺旋连接杆 10、调节螺杆 11 和手动旋钮 12 组成螺旋传动机构: 转动连接杆 9 上设有一通孔 17, 螺旋连接杆 10 上设有一螺纹孔 18, 调节螺杆 11 穿过通孔 17 与螺纹孔 18 构成螺旋副, 通孔 17 中有轴承, 与调节螺杆 11 构成转动副, 调节螺杆 11 上有一轴肩, 与通孔 17 中的轴接触, 手动旋钮 12 通过销连接安装于调节螺杆 11 的一端。转动连接杆 9 和螺旋连接杆 10 的端部与第一连杆 2a 以及第二连杆 2b 组成复合铰链。曲柄导杆机构、螺旋传动机构和侧挡板 7 构成升降机构。侧挡板 7 位于永磁体平台 8 的两侧, 连接螺杆 5 穿过侧挡板 7 和永磁体平台 8, 两侧通过锁紧螺母 6 旋紧。永磁体平台 8 的强磁场侧为距离定位板较远的一侧。通过转动手动旋钮 12, 带动调节螺杆 11 转动, 即可改变转动连接杆 9 和螺旋连接杆 10 之间的距离, 从而使升降系统升降, 进而带动永磁体平台上下移动。

[0038] 图 8 是永磁间隙吸附装置的采用电驱动系统的实施例的轴测图, 与图 6 所示的采用手动旋钮的实施例相比, 添加了电机 13、距离传感器 14、驱动器和控制器, 去除了手动旋钮 12, 其他部分相同。电机 13 安装在转动连接杆 9 上, 与调节螺杆 11 相连, 这样便可以通过电机 13 驱动调节螺杆 11 转动。距离传感器 14 安装在侧挡板 7 的侧面上, 检测永磁体平台 8 和导磁壁面之间的距离  $L_g$ , 并将检测信号传送至控制器, 控制器通过将检测信号和  $L_g$  设定值进行对比, 输出控制信号至驱动器, 由驱动器改变电机的运动状态, 最终实现对  $L_g$  的控制。电机 13、驱动器、控制器、升降机构、永磁体平台 8、距离传感器 14 构成闭环控制系统。

[0039] 图 9 是永磁间隙吸附装置安装在爬壁机器人上时的工作原理示意图。其中永磁间隙吸附装置 100 通过定位板安装在爬壁机器人底盘 200 上,爬壁机器人在磁吸附力的作用下吸附在导磁壁面 300 上。永磁间隙吸附装置中的永磁体平台和导磁壁面之间是非接触的,两者之间存在一定的间隙,间隙越小,磁吸附力越大。

[0040] 图 10 是间隙最小时永磁间隙吸附装置的主视图,图 11 是间隙最大时永磁间隙吸附装置的主视图;从两图中可以看出,爬壁机器人底盘 200 和导磁壁面 300 之间的距离  $L$  是恒定的,通过升降机构的升降,调节永磁体平台和导磁壁面的距离  $L_g$ ,从而调节磁吸附力以及爬壁机器人的负载能力。

[0041] 以上仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。除了上述实施例外,本发明所述的永磁间隙吸附装置还可以采用其它的结构,而不超出本发明的范围。例如仅改变永磁体单元的数量;仅改变永磁体单元中永磁体的数量但依然使用本发明所述的充磁方向的排布方式;仅改变永磁体的尺寸;采用与本发明升降机构相同原理的其它机构等。

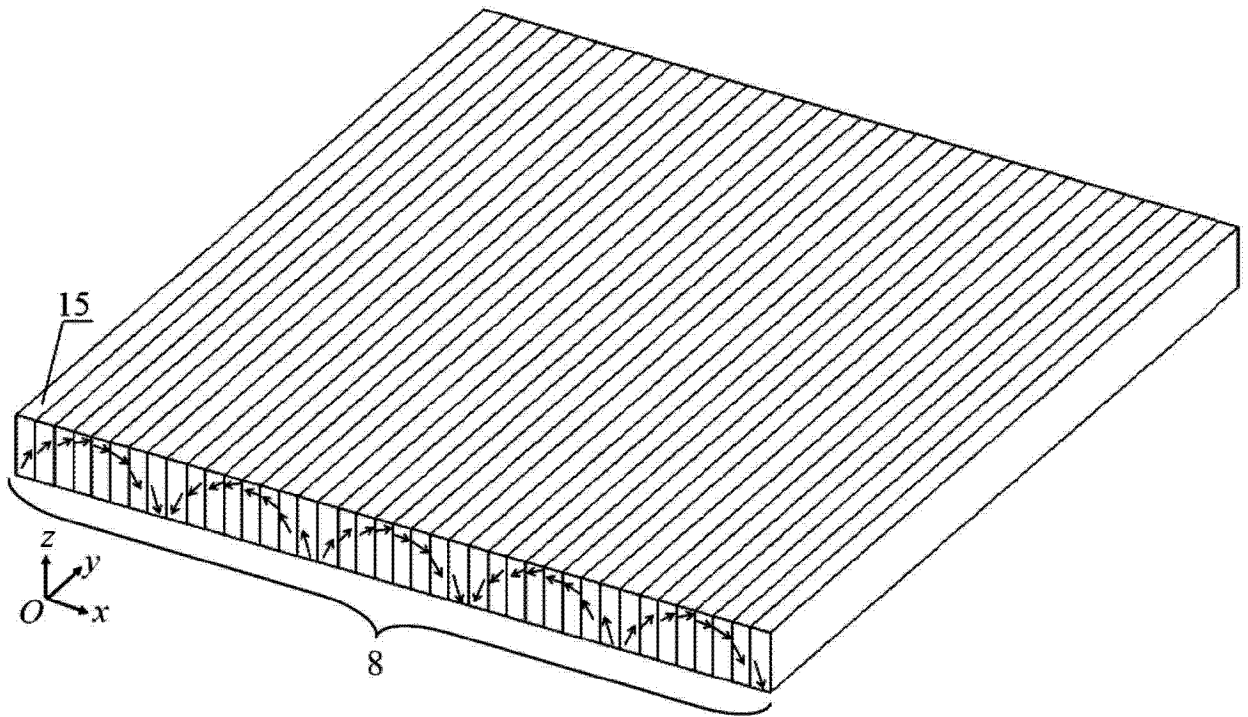


图 1

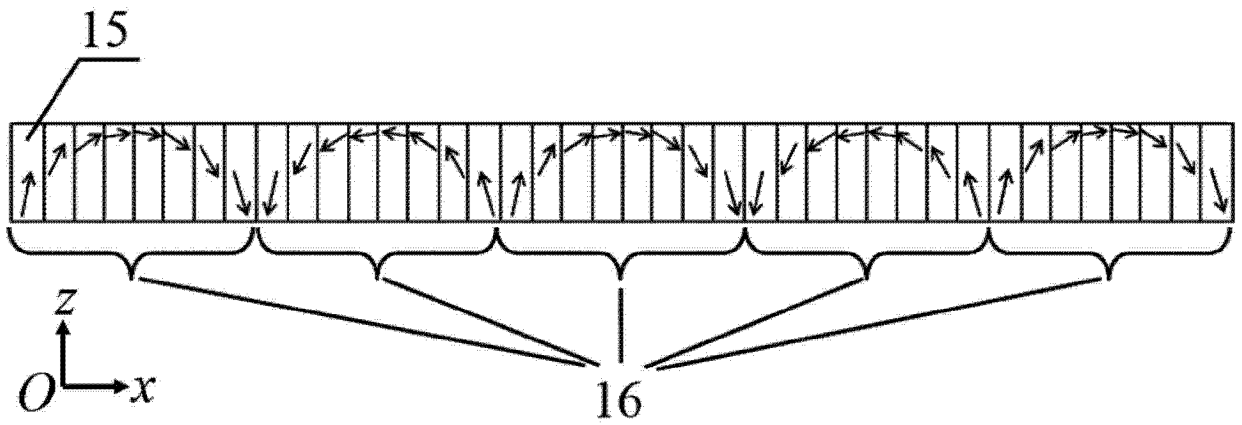


图 2



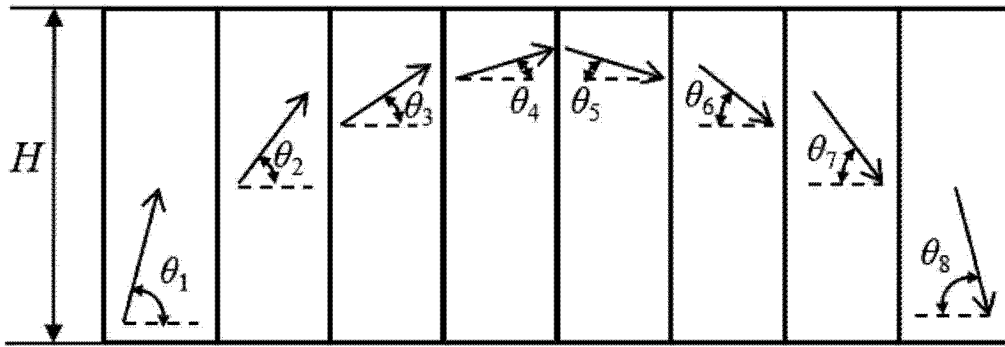


图 3a

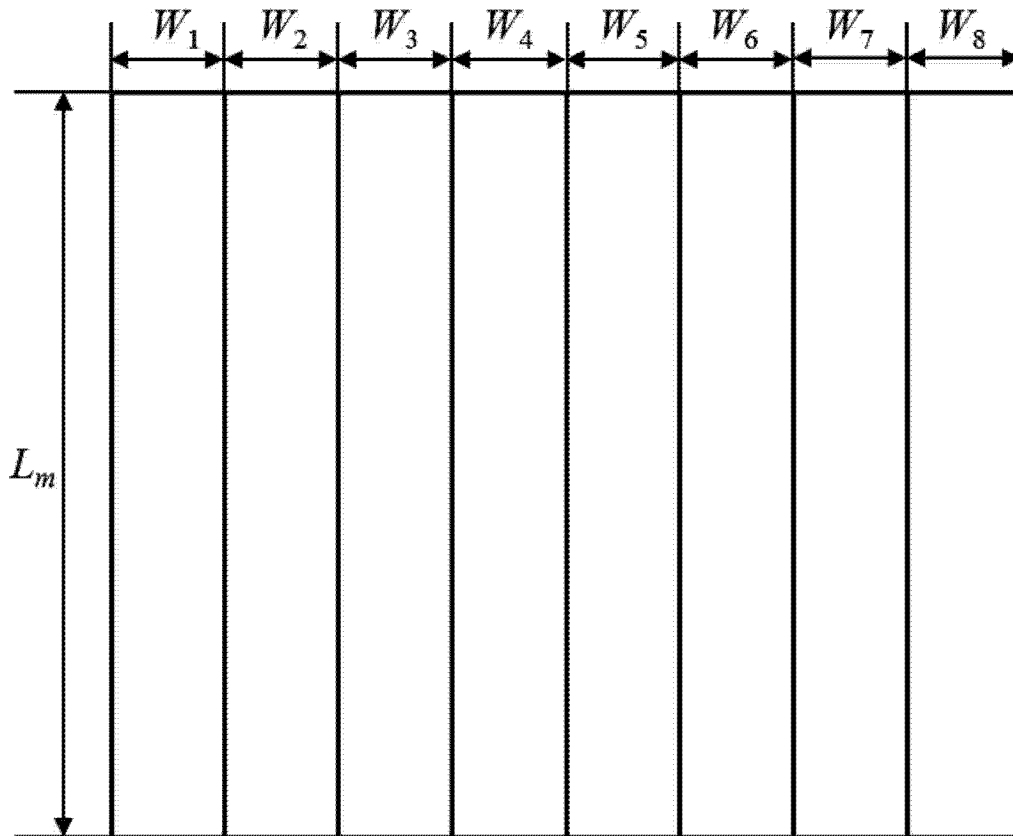


图 3b

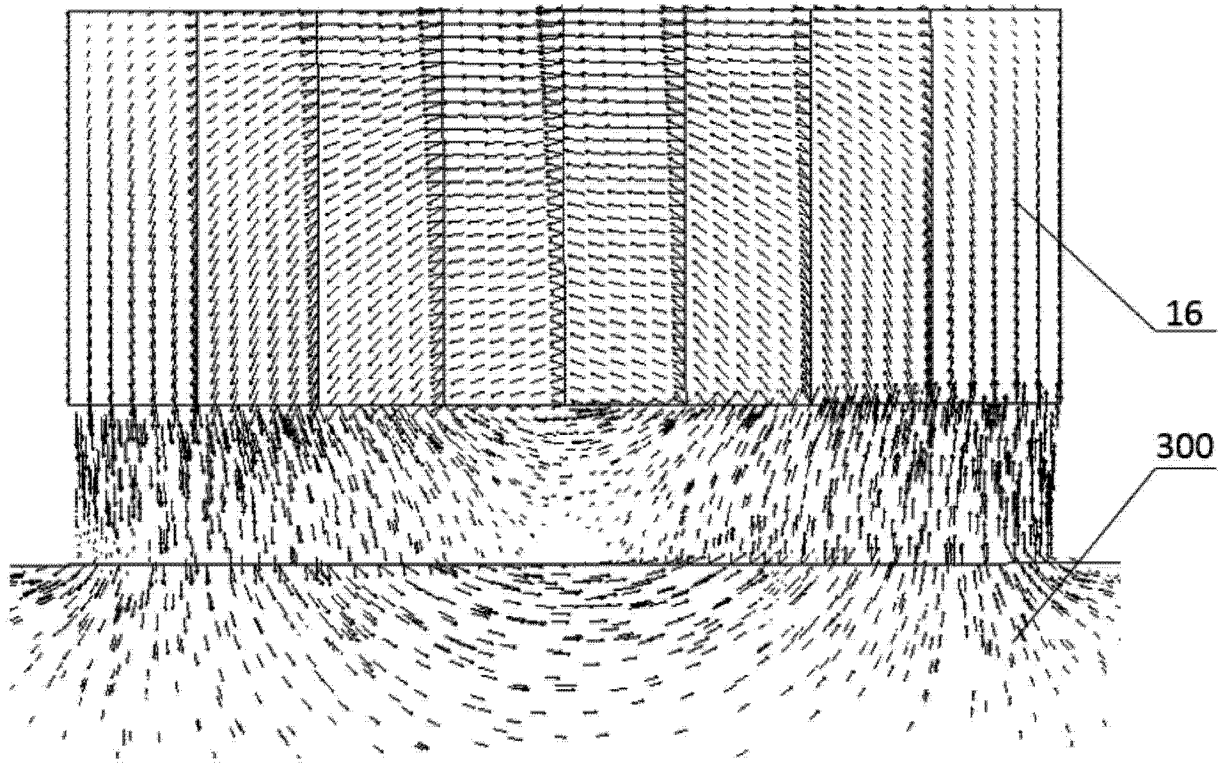


图 4

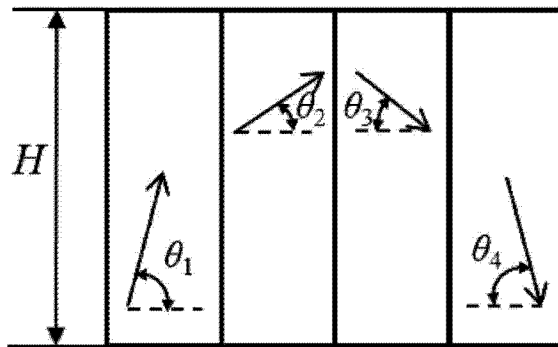


图 5a

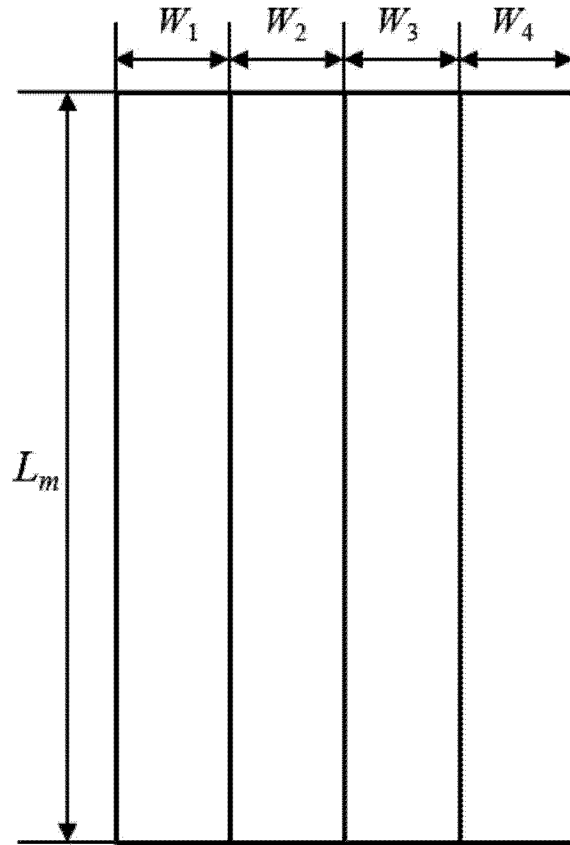


图 5b

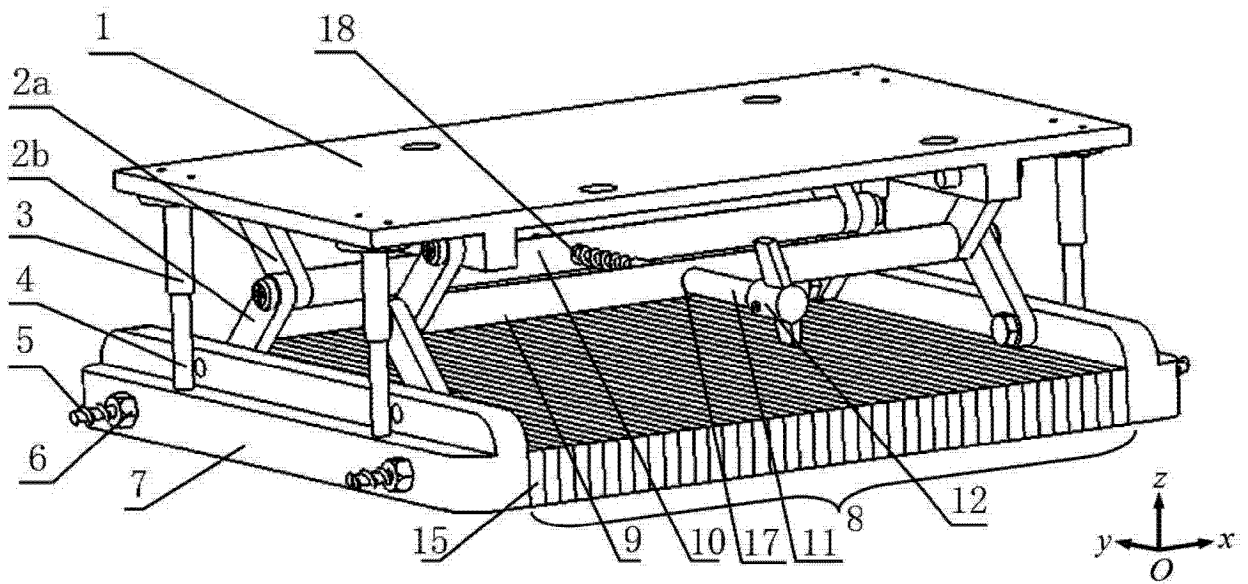


图 6

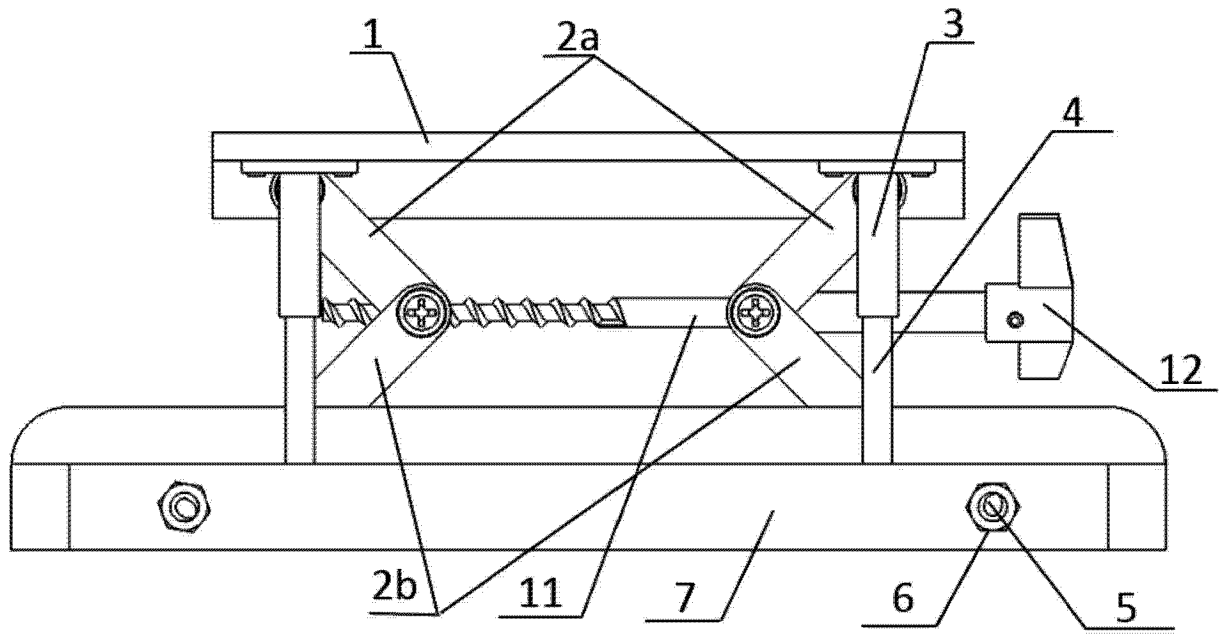


图 7

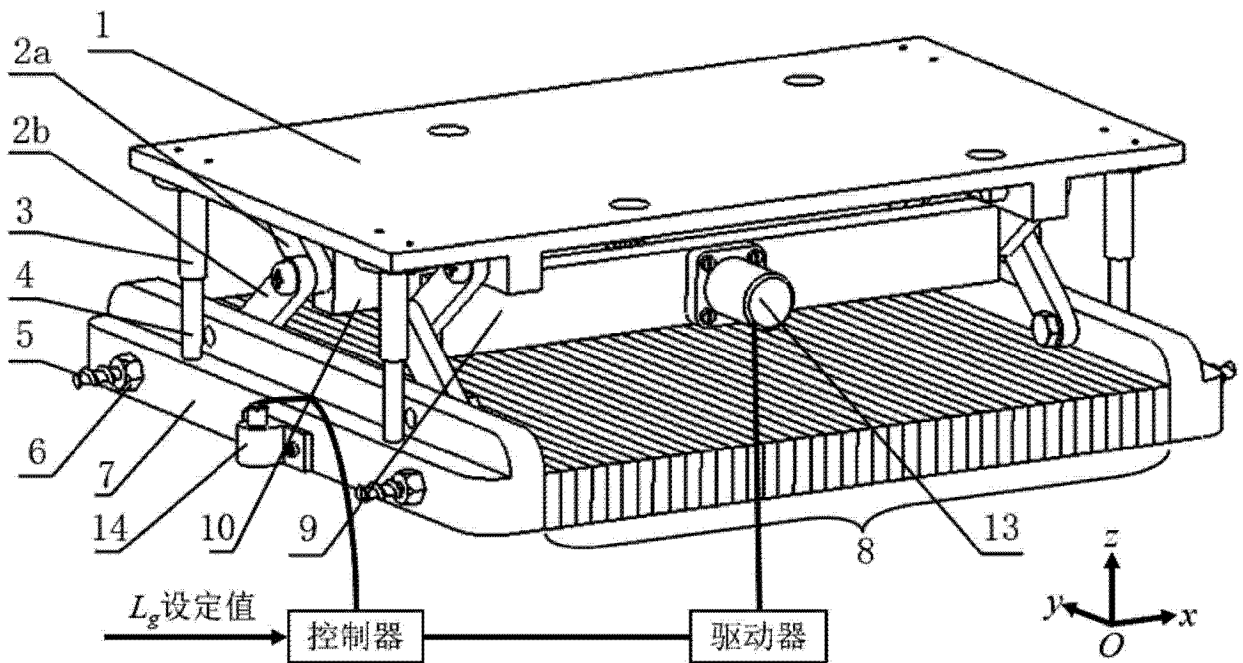


图 8

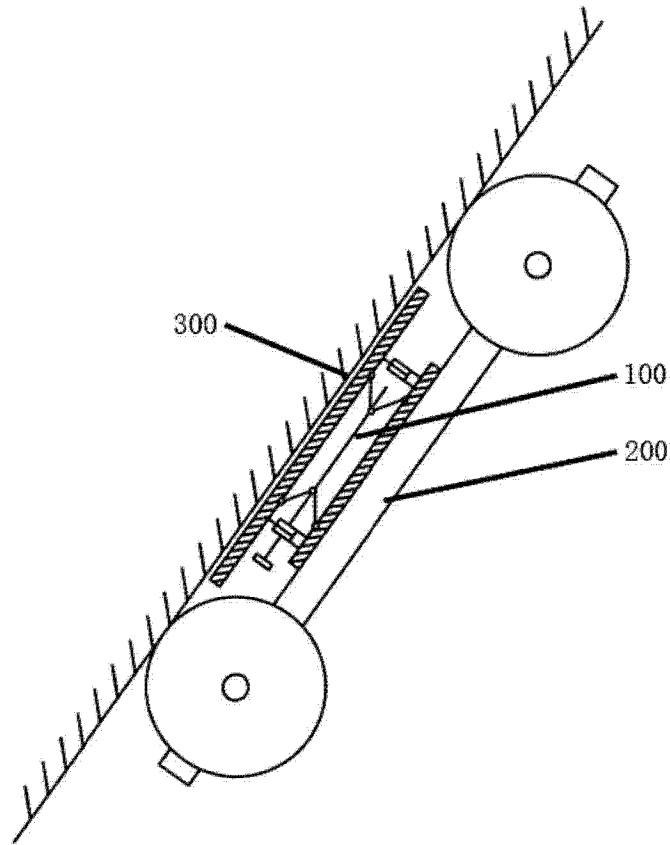


图 9

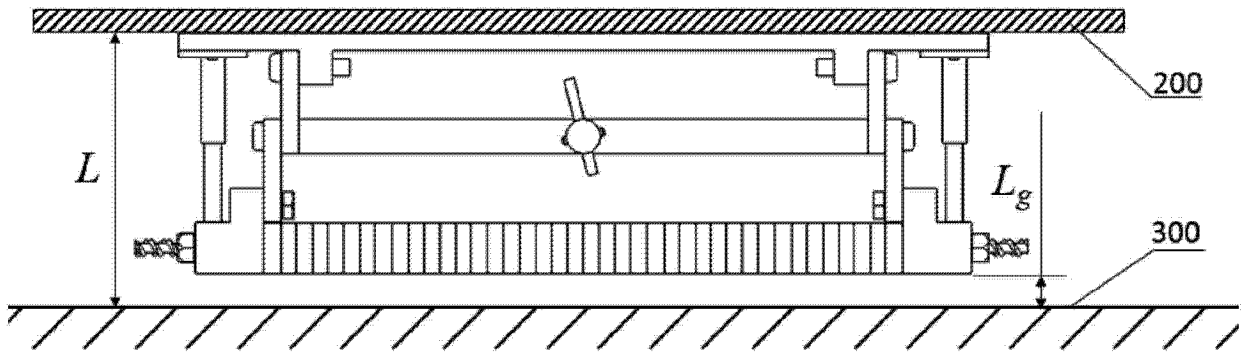


图 10

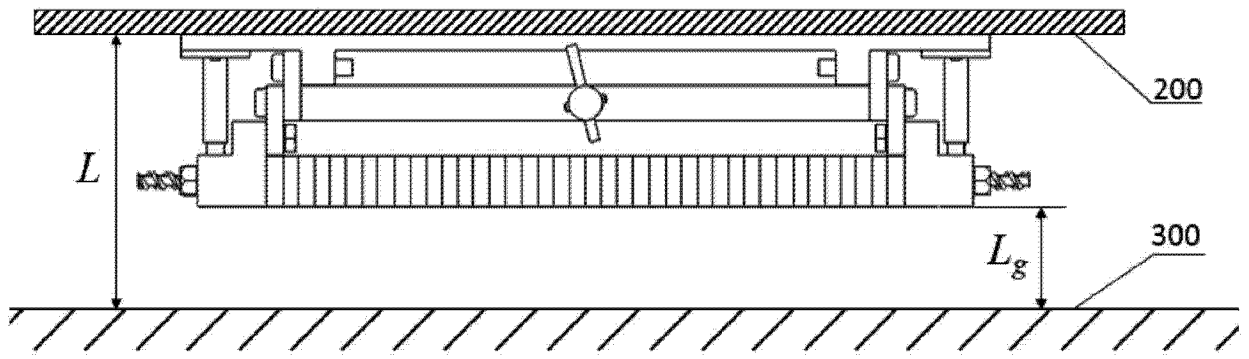


图 11