



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102933868 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201180015595. 2  
 (22) 申请日 2011. 02. 07  
 (30) 优先权数据  
 61/301, 891 2010. 02. 05 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2012. 09. 24  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/GB2011/000160 2011. 02. 07  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02011/095787 EN 2011. 08. 11  
 (73) 专利权人 剑桥企业有限公司  
 地址 英国剑桥郡  
 专利权人 本斯克竞技冲击公司  
 (72) 发明人 比尔·加特纳 马尔科姆·史密斯  
 (74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理  
 有限责任公司 11204  
 代理人 余朦 王艳春

(51) Int. Cl.  
*F16F 7/10*(2006. 01)  
*F16F 9/32*(2006. 01)  
*F16F 9/34*(2006. 01)  
 (56) 对比文件  
 US 5018606 A, 1991. 05. 28,  
 US 5018606 A, 1991. 05. 28,  
 US 2670812 A, 1954. 03. 02,  
 EP 0382171 A1, 1990. 08. 16,  
 DE 19834316 C1, 2000. 05. 25,  
 JP 2007-177877 A, 2007. 07. 12,  
 CN 201050569 Y, 2008. 04. 23,  
 US 5018606 A, 1991. 05. 28,

审查员 施芬

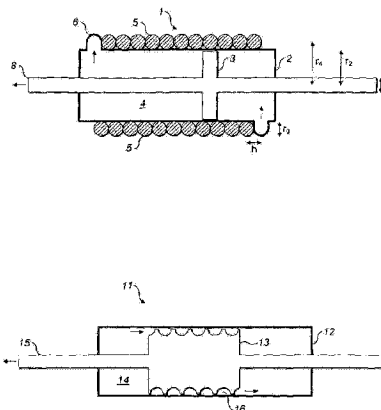
权利要求书2页 说明书10页 附图12页

(54) 发明名称

用于控制机械力的设备及包括该设备的系统和减震方法

(57) 摘要

本发明提供了用于控制机械力的设备。该设备包括：第一终端和第二终端(2,3)，在使用中第一终端和第二终端连接至用于控制机械力的系统的部件并能够独立运动。液压装置连接在第一终端与第二终端之间并容纳有液体，液压装置被配置为在使用中当第一终端和第二终端相对移动时使液体(4)沿至少两个流动通路(5、15、90)流动。沿第一流动通路流动的液体产生阻尼力，阻尼力与沿第一流动通路流动的液体的速度成比例。沿第二流动通路流动的液体产生由液体质量所导致的惯性力，惯性力与沿第二流动通路流动的液体的加速度基本成比例，从而使得阻尼力等于惯性力并控制终端处的机械力。



CN 102933868 B

1. 用于控制机械力的设备,包括:

第一终端和第二终端,在使用中所述第一终端和所述第二终端连接至用于控制机械力的系统的部件并且所述第一终端和所述第二终端能够独立运动;以及

液压装置,连接在所述第一终端与所述第二终端之间,所述液压装置容纳有液体,并且所述液压装置被配置为在使用中当所述第一终端和所述第二终端相对移动时使液体沿至少两个流动通路流动;

其中,沿第一流动通路流动的液体产生阻尼力,所述阻尼力与沿所述第一流动通路流动的液体的速度成比例;以及

沿第二流动通路流动的液体产生由液体质量所导致的惯性力,所述惯性力与沿所述第二流动通路流动的液体的加速度基本成比例;

从而使得所述阻尼力等于所述惯性力并控制所述第一终端和所述第二终端处的机械力。

2. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述液压装置还包括:

壳体,限定出用于容纳所述液体的腔,所述壳体附接至所述第一终端和所述第二终端中的一个;以及

活塞,附接至所述第一终端和所述第二终端中的另一个,并能够在所述腔内移动,所述活塞的移动导致所述液体沿所述第一流动通路和所述第二流动通路流动。

3. 根据权利要求 2 所述的设备,其中,所述第一流动通路穿过所述活塞。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的设备,其中,所述第二流动通路设置于所述腔之外。

5. 根据权利要求 2 或 3 所述的设备,其中,所述第二流动通路设置于所述腔之内。

6. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述第二流动通路为螺旋形。

7. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括用于控制沿所述第一流动通路的压力的装置。

8. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述第一流动通路的尺寸是能够调节的。

9. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述第二流动通路的长度是能够调节的。

10. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括限制所述第一终端和所述第二终端的相对移动程度的装置。

11. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括控制沿所述第一流动通路的流的装置。

12. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括控制沿所述第二流动通路的流的装置。

13. 根据权利要求 11 所述的设备,其中,所述控制沿所述第一流动通路的流的装置为计算机控制的阀。

14. 根据权利要求 12 所述的设备,其中,所述控制沿所述第二流动通路的流的装置为计算机控制的阀。

15. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括用于调整所述第二流动通路的长度的外部装置。

16. 根据权利要求 11 所述的设备,其中,所述液体为磁流变液,其中,所述控制沿所述第一流动通路的流的装置为用于控制磁流变液的装置。

17. 根据权利要求 12 所述的设备,其中,所述液体为磁流变液,其中,所述控制沿所述第二流动通路的流的装置为用于控制磁流变液的装置。

18. 一种包括至少一个根据上述权利要求中任一项所述的设备的系统,所述至少一个

根据上述权利要求中任一项所述的设备与弹簧和阻尼器中的至少之一相连接,或一种包括至少两个根据上述权利要求中任一项所述的设备的系统,所述至少两个根据上述权利要求中任一项所述的设备彼此集成在一起。

19. 根据权利要求 18 所述的系统,其中,至少一个设备与第一阻尼器串联以形成串联阻尼器-惯容器,所述串联阻尼器-惯容器与第二阻尼器并联连接。

20. 根据权利要求 18 所述的系统,其中,第一设备与阻尼器串联以形成串联阻尼器-惯容器,所述串联阻尼器-惯容器与第二设备并联连接。

21. 根据权利要求 18 所述的系统,其中:

第一设备与第一阻尼器串联连接以形成第一串联阻尼器-惯容器;

第二设备与第二阻尼器串联连接以形成第二串联阻尼器-惯容器;以及

所述第一串联阻尼器-惯容器与所述第二串联阻尼器-惯容器并联连接。

22. 根据权利要求 18 所述的系统,其中,弹簧与阻尼器并联连接以形成并联弹簧-阻尼器,所述并联弹簧-阻尼器与至少一个设备串联连接。

23. 一种机械阻尼系统,包括根据权利要求 1 至 17 中任一项所述的设备。

24. 根据权利要求 23 所述的机械阻尼系统,其中,所述机械阻尼系统是车辆悬挂系统、火车悬挂系统或摩托车悬挂系统中的机械阻尼系统。

25. 根据权利要求 23 所述的机械阻尼系统,其中,所述设备被配置为使所述第一终端和所述第二终端中的任何一个都不连接至固定点。

26. 一种减震方法,所述方法包括使用根据权利要求 1 至 17 中任一项所述的设备的步骤。

## 用于控制机械力的设备及包括该设备的系统和减震方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制机械力（诸如振动力）的集成阻尼和惯性设备。

### 背景技术

[0002] 目前，力控制设备正被广泛应用，例如被用于车辆悬挂系统。在 US 7316303B 中公开了一种示例性机械设备（“惯容器（inertor）”），其为构造悬挂系统提供了具有任意期望的机械阻抗的部件。该设备可包括与飞轮相连接的线性至旋转变换器。已经提出了这种设备的多种变形，其中某些例如包括使用滚珠或链条和齿轮。

[0003] 所有这些变形的一个缺点在于，存在相当多的移动部件。

[0004] 为了解决上述问题，提出了一种力控制液压设备，其中，移动部件的数量显著减少并且生产的易加工性被增强。这种力控制液压设备可包括：用于容纳液体的汽缸，该汽缸与终端之一附接；以及活塞，该活塞与终端中的另一个附接并能够在汽缸内运动，活塞的运动可以使液体沿例如螺旋状的流动通路流动。移动的液体充当动能的存储器并且由于液体本身的质量而产生惯性力来控制终端处的机械力，从而使机械力与终端之间的相对加速度基本成比例。

[0005] 在 US 7316303B 所描述的形成任意被动机械阻尼的一些方法包括在多种电路布置中将设备与弹簧和阻尼器互相连接在一起。

### 发明内容

[0006] 本发明的一些实施方式请求提供一种设备，在该设备中可通过使用流体来实现惯容器的效果，从而显著减少了移动部件的数量，并且同时能够将其他被动电路元件整合成单独的单元。一种示例性的布置为将惯容器与阻尼器串联。

[0007] 本发明能够控制液体流，这提供了一种简便方法来实现设备的可调节性。

### 附图说明

[0008] 下面将参照附图对本发明的多个实施方式的示例进行描述，在附图中：

[0009] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的力控制液压设备的示意图；

[0010] 图 2 是另一个力控制液压设备的示意图；

[0011] 图 3 示出作为（恒定）活塞速度的函数的图 1 所示设备两端的压力下降；

[0012] 图 4 示出作为（恒定）活塞速度的函数的图 1 所示设备的活塞上的阻尼力；

[0013] 图 5 示出根据本发明的另一实施方式的流体惯容器的局部剖视图；

[0014] 图 6 示出根据本发明的另一实施方式的流体惯容器的局部剖视图，该流体惯容器在活塞内具有螺旋结构并具有压缩气体存储容器；

[0015] 图 7 示出根据本发明的另一个实施方式的串联惯容器 - 阻尼器，其中，通过外部螺旋状通路提供惯容器，通过包含在流经活塞内的孔口的流体中的阻尼设备提供串联阻尼器；

- [0016] 图 8 示出图 7 所示的设备的等效电路；
- [0017] 图 9 示出根据本发明的另一实施方式的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于由外部螺旋通路和轴装式活塞构成的具有通杆的双管布置；
- [0018] 图 10 和图 11 示出用于图 9 中所示的设备的螺旋插入件的外部立体图；
- [0019] 图 12 示出根据本发明的另一实施方式的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于由外部螺旋通路、轴装式活塞和压缩气体存储器构成的双管布置；
- [0020] 图 13 示出根据本发明的另一实施方式的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于外部螺旋、轴装式活塞、通杆构成的双管布置，并且具有被加入的与螺旋流体通路一致的双向阻尼活塞以改变螺旋状流动通路的阻尼寄生性；
- [0021] 图 14 示出根据本发明的另一实施方式的与阻尼器并联的串联阻尼器 - 惯容器。
- [0022] 图 15 示出图 14 中所示设备的等效电路；
- [0023] 图 16 示出根据本发明的另一实施方式的与惯容器相并联的串联阻尼器 - 惯容器；
- [0024] 图 17 示出图 16 中所示设备的等效电路；
- [0025] 图 18 示出根据本发明的另一实施方式的与串联连接的弹簧阻尼器和惯容器相并联的串联阻尼器 - 惯容器；
- [0026] 图 19 示出图 18 中所示设备的等效电路；
- [0027] 图 20 示出根据本发明的另一实施方式的与并联弹簧 - 阻尼器相串联的惯容器；
- [0028] 图 21 示出图 20 中所示设备的等效电路；
- [0029] 图 22 示出根据本发明的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于外部螺旋通路、轴装式活塞和压缩气体存储器的双管布置，并具有贯通双向活塞来控制与惯性流相串联的流；
- [0030] 图 23 示出根据本发明的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于外部螺旋通路、轴装式活塞和压缩气体存储器的双管布置，并具有贯通双向活塞来控制与惯性流相串联的流以及具有外部调节器以分别控制阻尼和惯性通路中的流；以及
- [0031] 图 24 示出根据本发明的串联阻尼器 - 惯容器的侧视剖视图，串联阻尼器 - 惯容器被设计为用于外部螺旋通路、轴装式活塞、压缩气体存储器和用于控制磁流变液的计算机控制的流量阀或磁场发生器的双管布置。

### 具体实施方式

[0032] 为了增进对本发明原理的理解，将参照附图中示出的实施方式以及用于描述这些实施方式所使用的具体语言。然而，可以理解，本发明的范围并不限于本领域技术人员通常可预期的所示装置的这样的替换以及进一步的修改、以及本文所示的本发明原理的进一步的应用。将示出并描述本发明的至少一个实施方式，该应用可示出和 / 或描述本发明的其他实施方式。可以理解，任何参考“本发明”指的是参考同族发明的实施方式，而不是包括应包括在所有实施方式中的设备、过程或构成的任何单个实施方式，除非另有声明。此外，尽管会对本发明的一些实施方式提供的“优点”进行讨论，但可以理解，不包括这些优点的

其他实施方式或可包括另外的不同优点。本文所述的任何优点均不被解释为对任何权利要求的限制。

[0033] 虽然本文说明了不同的具体量（空间尺寸、温度、压强、时间、力、电阻、电流、电压、浓度、波长、频率、传热系数、无量纲参数等），但是这些具体量仅作为示例，并且在没有另作说明的情况下，如果在每个量前加上“约”则表示其应被解释为近似值。而且，关于物质具体结构的讨论仅作为示例，并不限制该结构的其他类型的可用性或限制与所述结构无关的其他结构的可用性。

[0034] 液压力控制设备的原型已经被构造出并进行了测试。如图 1 所示，这些液压力控制设备中之一在汽缸外设有盘管并使用水作为流体，如图 2 所示，这些液压力控制设备中的另一个具有在活塞本身内成形的内部螺旋状通路并使用液压流体。

[0035] 图 1 示出了力控制液压设备 1 的示例。设备 1 包括液压装置，该液压装置包括可独立移动的终端，在该示例中，该终端可分别置于汽缸 2 中以及可在汽缸内移动的活塞 3 中。在汽缸 2 内具有液体 4。该设备还包括位于汽缸 2 之外的螺旋管 5，螺旋管 5 创建了密封通路，密封通路用于使液体经由两个孔口（6、7）流出和流入汽缸 2。液压装置被配置成在其终端进行相对移动时使液体流动。活塞 3 的移动使液体 4 流过螺旋管 5，这产生了由液体 4 的运动质量所导致的惯性力。汽缸 2 可包括一个终端，活塞 3 可包括另一终端。如下面所描述的，由于两个终端之间的相对移动所产生的由液体的运动质量所导致的惯性力控制两个终端处的机械力，以使机械力与终端之间的相对加速度基本成比例。

[0036] 活塞 3 的运动可由装置诸如弹簧缓冲器（未示出）限制。如果在活塞行程的极限处产生很大的力或速度，则这些装置可提供有用的安全特征以保护设备。

[0037] 图 1 的设备使用通杆 8 来执行。可替换地，使用具有浮动活塞或双管或其他类似布置的单杆也是同样可行的。可以理解，液压装置的可替换配置同样适用于下面描述的更多具体实施方式。设想出对流体加压的装置（未示出）。

[0038] 图 2 示出根据本发明的力控制液压设备 11 的另一示例。设备 11 包括汽缸 12、可在汽缸内移动的活塞 13 以及汽缸 12 内的液体 14。活塞 13 的外表面具有螺旋状通道，从而当活塞 13 被插入汽缸 12 时，在活塞 13 与汽缸 12 之间形成了螺旋通路 15。活塞 13 的移动使液体 14 流过螺旋通路 15，这产生了由于汽缸 12 内的液体 14 的运动质量所导致的惯性力。在图 2 的示例中，螺旋通路 15 的横截面是便于加工的半圆盘形。在有利于控制装置的阻尼特性的情况下，也可以采用其他横截面形状。图 2 的示例通过使用通杆 15 来执行。

[0039] 在图 1 所示的示例中，通过改变诸如活塞、汽缸以及螺旋管的半径值、汽缸的长度值、以及液体的密度值，能够改变设备 1 的特性参数，即在终端处所施加的力与终端之间的相对加速度所关联的比例常数。下面将详细描述这些参数的作用。

[0040] 考虑图 1 所示的布置，其中  $r_1$  是活塞的半径， $r_2$  是汽缸的内半径， $r_3$  是螺旋管的内半径， $r_4$  是螺旋的半径， $h$  是螺旋的螺距， $n$  是螺旋中的转数， $L$  是汽缸的内长，以及  $\rho$  是液体密度。此外，

[0041]  $A_1 = \pi (r_2^2 - r_1^2)$  是汽缸的截面积，以及

[0042]  $A_2 = \pi r_3^2$  是管的截面积。

[0043] 螺旋管中的液体的总质量约等于：

[0044]  $\rho n \pi r_3^2 \sqrt{h^2 + (2\pi r_4)^2} =: m_{hel}$  (1)

[0045] 汽缸中的液体的总质量约等于：

[0046]  $\rho \pi (r_2^2 - r_1^2) L =: m_{cyl}$  (2)

[0047] 如果活塞的线性位移等于 x，则螺旋管中的流体元可期望的角位移  $\theta$  (弧度) 约等于：

[0048]  $\frac{2\pi x (r_2^2 - r_1^2)}{r_3^2 \sqrt{h^2 + (2\pi r_4)^2}}$  (3)

[0049] 螺旋管中的总液体质量围绕活塞轴线的惯性力矩约等于  $m_{hel} r_4^2 =: J$ 。现在假设设备 1 在 b 表示比例常数时具有理想表现，其中，终端之间所生成的惯性力与终端之间的相对加速度成比例。随后可以预计：

[0050]  $\frac{1}{2} b \dot{x}^2 = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2$  (4)

[0051] 得出

[0052]  $b = \frac{m_{hel}}{1 + (h/(2\pi r_4))^2} \frac{(r_2^2 - r_1^2)^2}{r_3^4} = \frac{m_{hel}}{1 + (h/(2\pi r_4))^2} \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2$  (5)

[0053] 设总液体质量为  $m_{tot} = m_{hel} + m_{cyl}$ 。图 1 所示实施方式中所使用的两种不同液体的示例性值在下面被制成表格形式。在下面的示例中，假设  $r_4 = r_2 + r_3$ ， $h = 2r_3$  且  $L = nh$ 。还使设备的外直径 (OD) 等于  $2(r_4 + r_3)$ 。

[0054] 表 1  $\rho = 1200 \text{ kg m}^{-3}$  的合成油

[0055]

$r_1$ (mm)	$r_2$ (mm)	$r_3$ (mm)	n	OD (mm)	L (mm)	$m_{hel}$ (kg)	$m_{cyl}$ (kg)	$m_{tot}$ (kg)	b (kg)
6	30	3	15	72	90	0.106	0.293	0.399	972.1
6	25	3	20	62	120	0.119	0.267	0.386	511.0
6	30	6	10	84	120	0.307	0.391	0.698	176.6
6	20	4	20	56	160	0.182	0.220	0.402	94.0
6	24	5	10	68	100	0.172	0.204	0.376	80.0
6	20	4	12	56	96	0.109	0.132	0.241	56.4

[0056] 表 2  $\rho = 13579 \text{ kg m}^{-3}$  的水银

[0057]

$r_1$ (mm)	$r_2$ (mm)	$r_3$ (mm)	n	OD (mm)	L (mm)	$m_{hel}$ (kg)	$m_{cyl}$ (kg)	$m_{tot}$ (kg)	b (kg)
6	20	4	12	56	96	1.24	1.49	2.73	638.4
5	15	3	20	42	120	0.87	1.02	1.89	428.3
5	10	2	30	28	120	0.39	0.38	0.77	135.5
5	7	1	60	18	120	0.13	0.12	0.25	74.0

[0058] 如表 1 和表 2 所示,建模和测试工作表明,所产生的惯性效果(与加速度成比例的力)可以足够大(比例常数  $b$  大于 50kg)。当设备与弹簧和阻尼器并联放置时,这种效果将是所需的。

[0059] 此外,建模和测试表明,液体的粘度背离理想表现。通过流体的可压缩性能提供另外的寄生元件,其可以被建模为与两个并联元件串联的弹簧。

[0060] 在 US 7316303B 中,理想设备被限定(即与相对加速度成比例的力),而由摩擦、后冲等所导致的偏差被认为是寄生现象,寄生现象可足够小至所需的程度。然而,在本发明的情况下,液体粘度所导致的非线性阻尼是固有的,并且将在大的活塞速度下导致偏离理想表现。

[0061] 本发明的非线性阻尼是“递增的”,即该力随着相对速度以比线性速率更快的速率增加。汽车应用中的实际阻尼器常常是递减的,即力随着相对速度以比线性速率更慢的速率增加。即使当使用常规液体(诸如液压流体)时,根据本发明的装置也可被配置为使用调节装置显示理想表现。例如,可在孔口 6,7 处采用垫片包或装设阀门来实现更加线性的阻尼特性,虽然这会导致无法忽略的并联阻尼器。这有可能生成方便的集成设备,该集成设备具有根据本发明的具有并联的线性阻尼器的理想设备的表现。在其他情况下,不对粘度效应进行修正可能是有利的。

[0062] 下文详细介绍了阻尼的作用。设  $u$  为流体在螺旋管中的平均速度,  $\Delta p$  为活塞两端的压力下降,  $\mu$  为液体粘度,  $l$  为螺旋管的长度,其中

$$[0063] \quad l = n\sqrt{h^2 + (2\pi r_4)^2} \quad (6)$$

[0064] 现在将对使管中的流保持为平均速度  $u$  所需的主活塞两端的压力下降  $\Delta p$  进行计算。这将允许对使活塞保持相对速度  $\dot{x}$  所需的稳定力进行计算,因此允许计算阻尼系数。假定  $A_1\dot{x} = A_2u$ , 管的雷诺数 (Re) 等于

$$[0065] \quad (\text{Re}) = \frac{2\rho r_3}{\mu} u = \frac{2\rho r_3 A_1}{\mu A_2} \dot{x} \quad (7)$$

[0066] 其中,从层流到湍流的转变约出现在  $(\text{Re}) = 2 \times 10^3$  时。假设  $u$  小到足以保持层流,并且对直管使用 Hagen-Poiseuille 等式,得出:

$$[0067] \quad u = \frac{r_3^2}{8\mu} \frac{\Delta p}{l} \quad (8)$$

[0068] 活塞上的保持稳定的相对速度  $\dot{x}$  所需的力等于  $\Delta p A_1$ 。这说明线性阻尼速率系数等于:

$$[0069] \quad c = \frac{\Delta p A_1}{\dot{x}} = \frac{\Delta p A_1^2}{A_2 u} = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 8\pi \mu l \quad (9)$$

[0070] 根据 Darcy 的等式,保持湍流所需的压力下降为:

$$[0071] \quad \Delta p = \frac{1}{r_3} f \rho u^2 \quad (10)$$

[0072] 其中  $f$  是无量纲摩擦因子。对于平管,Blasius 的经验等式为:

$$[0073] \quad f = 0.079 (\text{Re})^{-1/4} \quad (11)$$

[0074] 这给出活塞上的保持稳定速度所需的恒定力的下述表达：

$$F = \Delta p A$$

[0075]

$$= 0.0664 \mu^{0.25} \rho^{0.75} \frac{LA_1}{(r_3)^{1.25}} u^{1.75}$$

$$[0076] \quad = 0.664 \mu^{0.25} \rho^{0.75} \frac{LA_1}{r_3^{1.25}} \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^{1.75} (\dot{x})^{1.75} = c_1 (\dot{x})^{1.75} \quad (12)$$

[0077] 设流体为  $\rho = 100 \text{ kg m}^{-3}$  且  $\mu = 10^{-3} \text{ Pa s}$  的水。取  $l = 7 \text{ m}$ ,  $r_1 = 8 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 20 \text{ mm}$ ,  $r_3 = 4 \text{ mm}$ ,  $L = 300 \text{ mm}$ 。这使得该设备具有：

$$[0078] \quad m_{\text{hel}} = 0.352 \text{ kg},$$

$$[0079] \quad m_{\text{cyl}} = 0.317 \text{ kg}, \text{ 以及}$$

$$[0080] \quad b = 155 \text{ kg}$$

[0081] 向湍流的转变出现在活塞速度为  $\dot{x} = 0.0119 \text{ m s}^{-1}$  以及与层流一致的速度处, 阻尼器速率为  $c = 77.6 \text{ N s m}^{-1}$ 。

[0082] 在图 3 和图 4 中分别示出湍流条件下的压力下降和线性力。

[0083] 如果  $r_1$ 、 $r_2$  和  $r_3$  全部增加 2 倍, 且  $l$  减小 4 倍, 且  $m_{\text{hel}}$  和  $b$  保持不变, 则  $m_{\text{cyl}}$  增加 4 倍, 并且湍流中的阻尼力减小  $2^{1.25} = 2.38$  倍。

[0084] 液压装置的可替换配置也同样是可行的。在本发明的其他实施方式中, 图 1 所示的螺旋管可由不同形状的管替换。此外, 流体通路可设置在汽缸内, 并且活塞的形状被设置为例如螺旋液体流动通路或多个同轴螺旋。还可以采用活塞周围的间隙来提供汽缸内的流动通路。在实践中, 通过螺旋流动通路实现最好的结果。

[0085] 图 5 示出了一种液体惯容器, 其在带有半圆盘形横截面的活塞外表面上具有螺旋通道, 该惯容器还具有如图 2 中所示的通杆。图 6 示出了一种液体惯容器, 其在活塞外表面上具有螺旋通道, 并且还具有可作为标准伸缩阻尼器的单杆和压缩气体存储容器。

[0086] 图 7 示出根据本发明的力控制液压设备 10 的一个示例。在图 1 示出的设备中, 设备 10 包括汽缸 20、可在汽缸内移动的活塞 30 和汽缸 20 内的液体 40。该设备还包括位于汽缸 20 之外的螺旋管 50, 螺旋管 50 可以创建密封通路, 用于使液体经由两个孔口 (60、70) 流出和返回汽缸 20。因此, 这两个孔口 (60, 70) 可作为控制液体在螺旋管 50 内的流的基本装置。可以理解, 用于控制液体的流的装置可具有可替换的配置。下面将对例如包括电子阀、由计算机控制的流量阀或用于控制磁流变液的磁场发生器的装置进行详细描述。与图 1 中的设备不同的是, 根据本发明的活塞 30 设有孔口 90 形式的阻尼装置。

[0087] 活塞 30 的移动使液体 40 流过孔口 90 (第一流动通路), 这样产生了阻尼力, 除此之外又流过了螺旋管 50 (第二流动通路), 其中由于液体 40 的运动质量又产生了惯性力。在这样的布置中, 穿过外部螺旋管 50 的压力下降与穿过活塞 30 的压力下降相同。压力下降在活塞区域内的倍增等于在终端上实施的力。因此, 第一和第二流动通路被液压地连接, 以产生与惯容器串联的阻尼器。可以理解, 也可以采用其他用于常规液压阻尼器的阻尼装置来代替孔口 90。

[0088] 图 8 示意性地示出在图 7 中示出的液体串联阻尼器 - 惯容器的等效电路。该电路包括由液体 40 流过螺旋管 50 所产生的惯容器 300、由液体 40 流过螺旋管 50 产生的粘滞作用所引起的寄生元件 200 (非线性并联阻尼) 以及由孔口 90 或者类似阻尼装置所产生的阻尼器 600。

[0089] 在如下的描述中,如图 7 所示的布置有可能在实践中变化和增加。

[0090] 图 9 示出根据本发明的力控制液压设备的一个示例。该设备具有用于构造外部螺旋通路和轴装式阻尼活塞的双管布置。该设备提供了在活塞压缩和扩张过程中流过或者围绕活塞的两个流体流动通路。活塞在汽缸内的移动是双向的。可使用标准类型的阻尼轴、活塞以及垫片布置。

[0091] 第一流动通路穿过轴装式阻尼活塞。第一流动通路为液体流过垫片或主轴活塞内的孔口的常规流动,从而产生阻尼力。第二螺旋流动通路与第一流动通路液压地串联联接。这个螺旋流动通路迫使液体进行自旋运动,并且由旋转的流体自身的惯性产生了惯量。流过螺旋通路的流还提供了粘滞阻尼。

[0092] 由于这两个通路是液压地联接,所以这种布置会因为通过每个通路的压力相等而产生一串力的连接。主轴活塞两端的压力差转化成可以阻碍(或促进)轴移动的力。

[0093] 图 9 中所示出的设备是通杆阻尼器,其中轴持续穿过活塞,并且到达阻尼器的相对侧之外。这阻止任何液体流走,并省略了为接受流走的液体而需要的存储容器。然而,如果期待温度上升,则需要热膨胀存储容器。通过包含在活塞内的螺旋通路和带有孔口的固定活塞所限制的外部液体通路有可能实现内部向外的形式。在这样的布置中,附接至通杆的带有孔口的另一活塞进一步实现了螺旋通路内获得的并联阻尼,而且还提供了改变寄生阻尼的装置。

[0094] 可以加入或移除多个螺旋插入件以提高或减少螺旋流动通路的长度,以使惯性效应的大小可调节。图 10 和图 11 示出螺旋插入件,该螺旋插入件可堆叠在图 9 所示的设备的第二流动通路内来增加或减少螺旋流动通路的长度,因此增加或减少惯性。这些插入件可使用销或槽来对准螺旋通路。这在赛车所使用的产品或设备中是特别有用的。

[0095] 虽然已示出且描述了螺旋插入件的使用,但是其他实施方式还包括可以使液体旋转的其他装置。例如,这样的旋转装置包括多个离散的独立叶片,叶片在第二流体通道内半螺旋或全螺旋地延伸。这些叶片可被置于压力容器的内直径,或被置于活塞圆柱形流道的外直径。可以理解,无需提供完全的、360 度的流体引导,尤其是对于像 MR 流体这样的浓密和 / 或粘滞流体。

[0096] 再次参照图 9,可以看到内管,活塞冲程形成在该内管中的各端部的一个或多个孔口处。这些孔口中的一部分可被置于单向阀内,例如止回阀,单向阀可使流体在一个方向上充分地自由流动,但是在其他方向上可基本阻止流体流动。

[0097] 此外,其他实施方式还包括类似于在减震器活塞中常见的垫片单向阀,它们可以提供流动开口,该流动开口作为压力下降的函数相应地变化。在所述的实施方式中,单向阀作为根据流体流动方向提供阻尼惯性部件而作用。例如,在这样的实施方式中,在颠簸中可能具有相对较轻的惯性效应,而在反弹过程中存在更大的惯性效应。作为另一示例,阀门可被配置为当通过主要的、冲击活塞的压力下降较低时惯性作用较小,当通过冲击活塞的压力下降较高时惯性作用增加。

[0098] 图 12 示出根据本发明的力控制液压设备的另一示例。该设备包括更传统的阻尼器,该阻尼器具有存储容器以容纳轴离液体以及阻尼液体的任何热膨胀。这种单动杆布置使用带有浮动活塞的外部腔,如常用的阻尼器技术。这提供了常见的对设备施加压力的装置。典型的带有或不带有头阀活塞的阻尼存储容器被用于容纳轴离液体并保持阻尼器内的正压力。这里提供了压缩气体存储容器。

[0099] 在一些实施方式中,如图 10 和图 11 所示,螺旋插入件可被插入头阀与浮动活塞之间的存储容器中。插入存储容器中的螺旋插入件可由主汽缸内环绕活塞的螺旋流动通路替换或由主汽缸内环绕活塞的螺旋流动通路辅助。

[0100] 图 13 示出根据本发明的力控制液压设备的另一示例。该设备为通杆类型,其中,已添加了与外部螺旋流体通道一致的双向阻尼活塞,从而在低速时提供一些附加的可控阻尼。

[0101] 图 9、图 12、图 13、图 22-24 示出根据本发明的多个实施方式的流体减震器。在接下来的讨论中,可以理解,一些声明可与图 9、图 12、图 13、图 22-24 所示的所有实施方式的有关,而其他讨论并非适用于图 9、图 12、图 13、图 22-24 所示的所有实施方式。这些和其他附图包括对特定实施方式进行进一步描述的文本。这些文本和描述仅作为示例而不作为限制。

[0102] 存在内壳体,内壳体具有两个端部和圆柱形内壁。还存在活塞,活塞可在内壁内滑动,活塞具有两侧并与内壁合作以限定从一侧到一个端部的第一流体体积,以及从另一侧到另一端部的第二流体体积,活塞还具有从一侧至另一侧穿过活塞的第一流体通道。还存在外壳体,外壳体容纳内壳体,外壳体与内壳体限定第二流体通道,第二流体通道与第一体积和第二体积流体连通,第二流体通道周向地弯曲内壁的外部。在一些实施方式中,第二流体通道至少绕一个旋转周周向弯曲。

[0103] 外壳体通常具有圆柱形的内表面和外表面,内壳体通常具有圆柱形的内表面和外表面。在外壳体与内壳体之间限定出环形体积,第二流体通道穿过环形体积。

[0104] 一些实施方式还包括置于内壳体与外壳体之间的独立圆柱形部件,该圆柱形部件包括绕部件的圆柱形轴线延伸至少一旋转周的沟槽,沟槽与内壳体或外壳体中的至少一个合作以限定第二流体通道。圆柱形部件可重复地从减震器中移除。第二流体通道包括多个圆柱形部件。

[0105] 每个部件的沟槽可以是螺旋状的并具有入口和出口,一个圆柱形部件的出口被对准以将流体提供至相邻圆柱形部件的入口。

[0106] 第二流体通道绕内壳体周向地弯曲多个旋转周,第二通道适用于且被配置成显著增加流过通道的流体的角动量。第二流体通道通常呈螺旋形。

[0107] 从第一体积或第二体积中之一穿过第二通道流动至第一体积或第二体积中的另一个的流体基本受限于螺旋形之内。

[0108] 第二流体通道提供的流动特性基本为当流经通道的流体具有相对较小的粘滞压力下降时所产生的惯性,第一压力下降提供的流动特性基本为流经通道的流体的速度和粘滞性。在一些实施方式中,第二通道的粘滞压力下降显著小于第一通道的粘滞压力下降。

[0109] 第一流体通道包括具有预定流体流动特性的阀以使流体从一侧流向另一侧。在一些实施方式中还包括一种阀,该阀可提供从第一体积或第二体积中之一至第三体积的流体

连通,该阀具有第一预定流体流动特性以使流体流入第三体积以及不同的第二预定流体流动特性以使流体流出第三体积。

[0110] 外壳体包括第一附加构件,杆包括第二附加构件,每个附加构件均适用于且被配置用于联接车辆悬挂系统的不同组件。一些实施方式还包括具有两个端部的杆,其中一个端部固定地联接至活塞,另一个端部延伸出外壳体。

[0111] 流体可以是液压流体或磁流变液(MR)。磁流变液通常由包括悬浮的铁离子并因此会非常浓密,以尽可能产生较大的惯性效应来通过应用磁场调整粘滞性。

[0112] 图 10 和图 11 中的螺旋插入件可堆叠在图 12 和图 13 示出的设备中的第二流动通路中,以增加或减少螺旋流动通路的长度。在图 13 示出的实施方式中,三组螺旋插入件(以截面方式示出每个插入件)在它们的相对面处啮合在一起。

[0113] 可以理解,如图 7 所示的螺旋管可由本发明的其他实施方式中的不同形状的管代替。此外,如图 2、图 5 和图 6 所示,液体通路可设置在汽缸内,活塞可被成形为例如提供螺旋流动通路或一些同轴的螺旋通路。活塞周围的间隙可用于提供汽缸内的流动通路。实际上,通过螺旋流动通路就可以实现最好的结果。在其他实施方式中,能够在活塞内包括两种液体通路,例如在轴组件中构造螺旋通路。

[0114] 此外,在根据本发明的设备中设想了用于外螺旋通路的多个起点和变化的截面几何结构。较小的几何螺旋可在早期被粘滞阻尼“切除”,然后留下较大的截面来产生惯性。

[0115] 图 22 至图 24 示出了一些用于控制液体流过第二螺旋通路的选项。在图 22 至图 24 所示的实施方式中,螺旋通路经过双向活塞来控制惯性流。在图 22 至图 24 所示的实施方式中,压缩气体存储容器用于对系统施压并允许热膨胀,然而,还能够使用通杆布置,在通杆布置中没有从阻尼器中流出的待由气体存储容器容纳的流体。

[0116] 还设想了用于根据本发明的设备的外部可调节惯性,其中,设备的内管相对于螺旋通路是可轴向调节的以提供第一流动通路。当内管移动时,会设定流体的螺旋圆柱的起点,以有效地增加或移除螺旋通路的部分并以此改变惯性。

[0117] 在图 23 的实施方式中,外部调节器用于分别控制阻尼内和惯性通路内的流。调节器可以是散开式、喷出式、垫片预载式或其他形式中的任意一种类型。

[0118] 此外,如图 24 所示的实施方式,能够使用计算机控制的旁通阀与根据本发明的设计共同工作。计算机控制的旁通阀可用于控制绕螺旋通路的旁通流,但还能够通过控制螺旋通路的流量来单独控制惯性。

[0119] 当磁流变液被用于如图 24 示出的实施方式中时,能够通过磁场来调节其粘滞性。磁场发生器可用于改变第一流动通路或第二流动通路中的阻尼特性。

[0120] 根据本发明的设备可安装于摩托车前叉或者汽车支柱的内部以提供运动控制。

[0121] 可以理解,可制造包括根据本发明的设备的集成设备。在图 14、图 16 和图 18 所示的三个示例中,给出另一设备与根据本发明的设备并联运行。

[0122] 图 14 示出与阻尼器 121 并联的串联阻尼器-惯容器。该设备包括两个独立的流体腔 124 和 122。该设备装备有可作为腔 124 中通杆作用的杆 128。活塞 131 和 132 附接至杆。腔 124 提供了类型 10 的设备(如图 7 所示)的操作,该设备包括充满流体的外部螺旋通路 125、入口 126 和出口 127、以及活塞 131 内的孔口 123。螺旋通路 125 提供了惯性效应(第二流动通路),孔口 123 提供了串联阻尼(第一流动通路)。第二腔 122 通过活塞

132 内的孔口 133 提供了并联阻尼器。腔 122 装备有外部腔 130 和浮动活塞 120 以容纳由杆置换的流体。该腔还可以给设备施压。

[0123] 图 15 示出了用于根据图 14 的设备的电路图,其中包括与串联连接的阻尼器 162 和惯容器 163 相并联的阻尼器 161。螺旋通路的任何寄生阻尼或故意引入的阻尼都单独与惯容器元件相并联。

[0124] 图 16 示出了与惯容器 141 相并联的串联阻尼器 - 惯容器。该设备包括两个独立的流体腔 144 和 142。该设备装备有可作为腔 144 内的通杆的杆 148。活塞 151 和 152 附接至杆。腔 144 提供类型 10 的设备(如图 7 所示)的操作,该设备包括充满流体的外部螺旋通路 145、入口 146、出口 147 和位于活塞 151 内的孔口 143。螺旋通路 145 提供惯性效应(第二流动通路),孔口 143 提供串联阻尼器(第一流动通路)。第二腔 142 通过外部螺旋通路 155 提供并联惯容器。腔 142 装备有外部腔 150 和浮动活塞 149 以容纳由杆置换的流体。该腔还可给装置施压。

[0125] 图 17 示出根据图 16 的设备的电路图,其中包括与串联连接的阻尼器 182 和惯容器 183 相并联的惯容器 181。螺旋通路的任何寄生阻尼或者故意引入的阻尼都与惯容器元件并联作用。

[0126] 图 18 示出与串联连接的弹簧阻尼器和惯容器 221 相并联的串联阻尼器 - 惯容器。该设备包括两个独立的流体腔 224 和 222。该设备装备有可作为腔 224 内通杆作用的杆 228。活塞 231 附接至杆 228。负载弹簧活塞 232 通过弹簧 234 滑动地附接至杆 228。腔 224 提供了类型 10 的设备(如图 7 所示)的操作,该设备包括充满流体的外部螺旋通路 225、入口 226、出口 227 和位于活塞 231 内的孔口 223。螺旋通路 225 提供了惯性效应(第二流动通路),孔口 223 提供了串联阻尼器(第一流动通路)。第二腔 222 提供了与外部螺旋通路 235、负载弹簧活塞 232 和活塞内的孔口 233 相并联的串联惯容器 - 弹簧 - 阻尼器。腔 222 装备有外部腔 230 和浮动活塞 229 以容纳由杆置换的流体。该腔还可给装置施压。

[0127] 图 19 示出了根据图 18 的设备的电路图,其中包括与串联连接的弹簧 243、阻尼器 244 和惯容器 245 相并联的串联连接的阻尼器 241 和惯容器 242。螺旋通路的任何寄生阻尼或者故意引入的阻尼都单独与惯容器元件相并联。

[0128] 图 20 示出根据本发明的设备 321。设备 321 包括汽缸 322、可在汽缸内移动的杆 328 和汽缸 322 内的流体 324。设置有活塞 331,活塞 331 通过孔口 323 固定至杆 328,另一负载弹簧活塞 332 滑动附接至杆 328。设备还包括位于汽缸 322 之外的螺旋管 325,螺旋管 325 构建密封通路以使流体通过两个孔口(326、327)从汽缸 322 流出以及流回至汽缸 322。杆的移动导致流体 324 流过螺旋管 325,这样由于流体 324 的运动质量而产生了惯性力。如图 7 中示出的设备,活塞 331 设有孔口 323 形式的阻尼装置。第二负载弹簧活塞 332 提供了并联的弹簧效应。设备 321 装备有外部腔 329 和浮动活塞 330 以容纳由杆置换的流体。该腔还可以给装置施压。

[0129] 图 21 示出了用于根据图 20 的设备的电路图,其中包括与并联连接的弹簧 342 和阻尼 343 串联连接的惯容器 341。

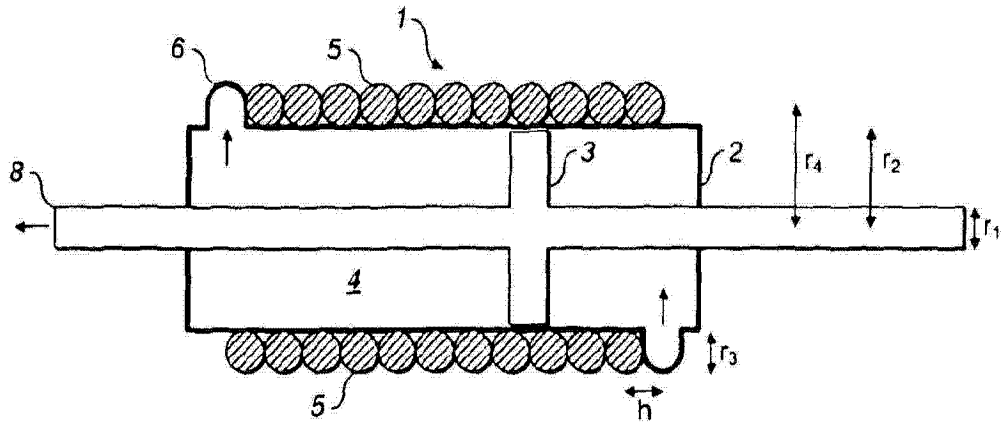


图 1

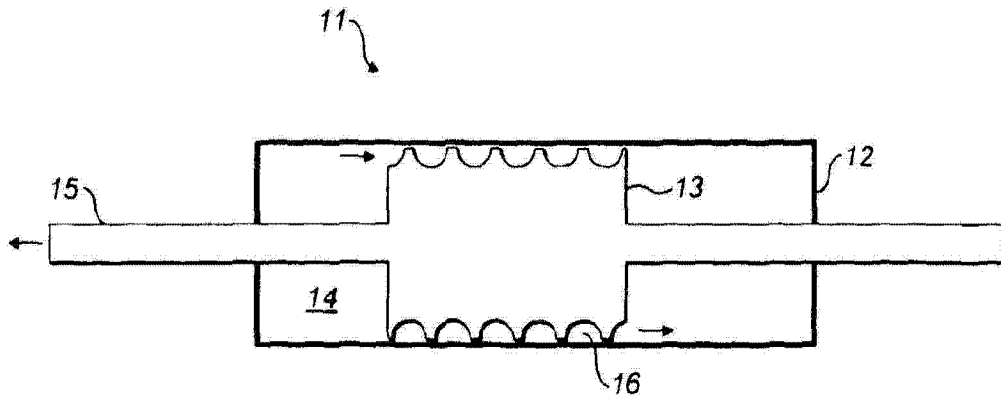


图 2

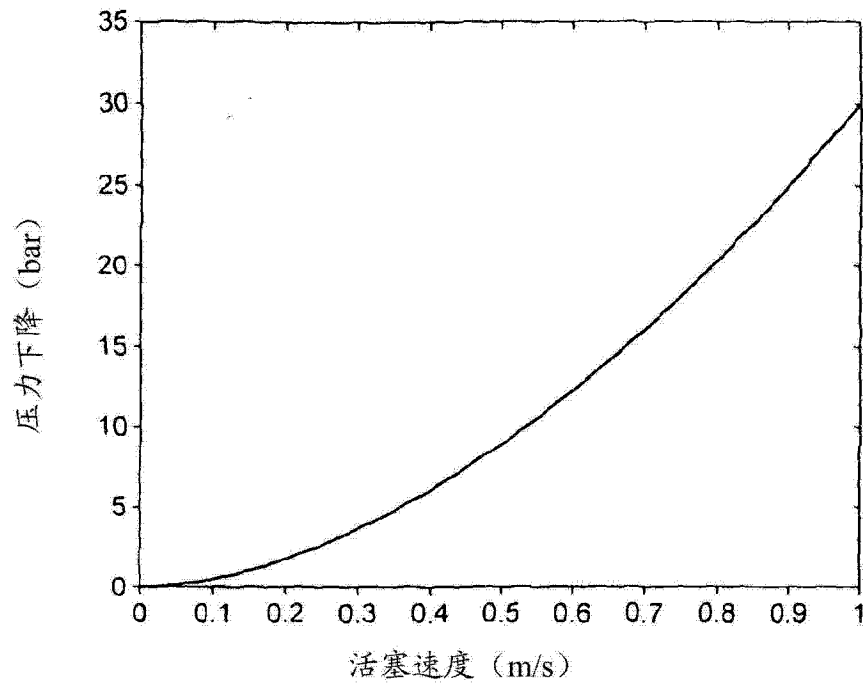


图 3

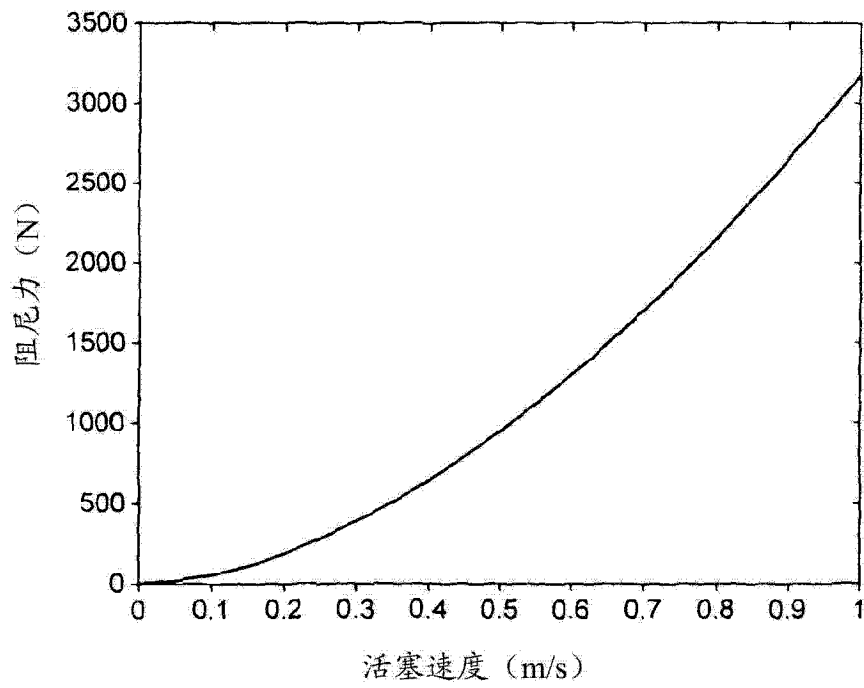


图 4

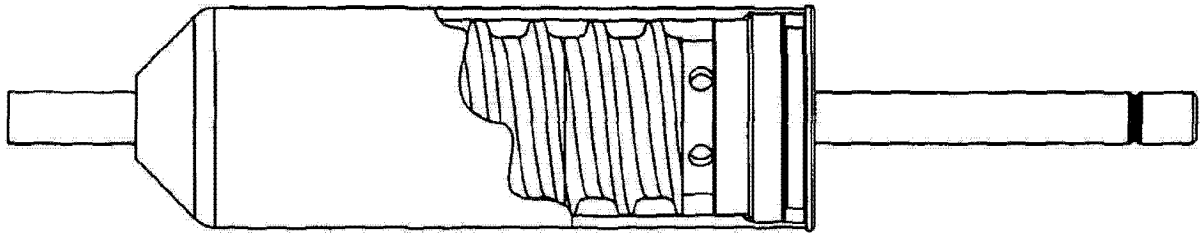


图 5

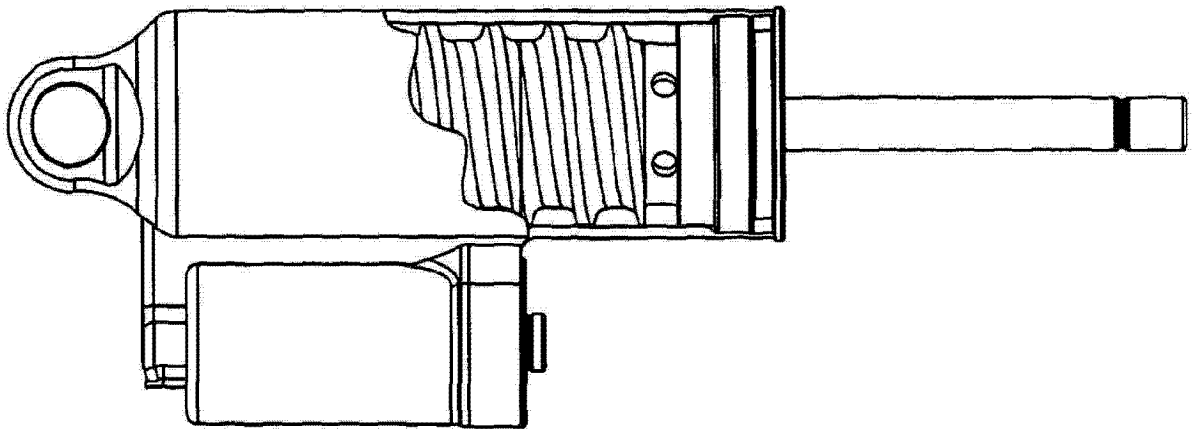


图 6

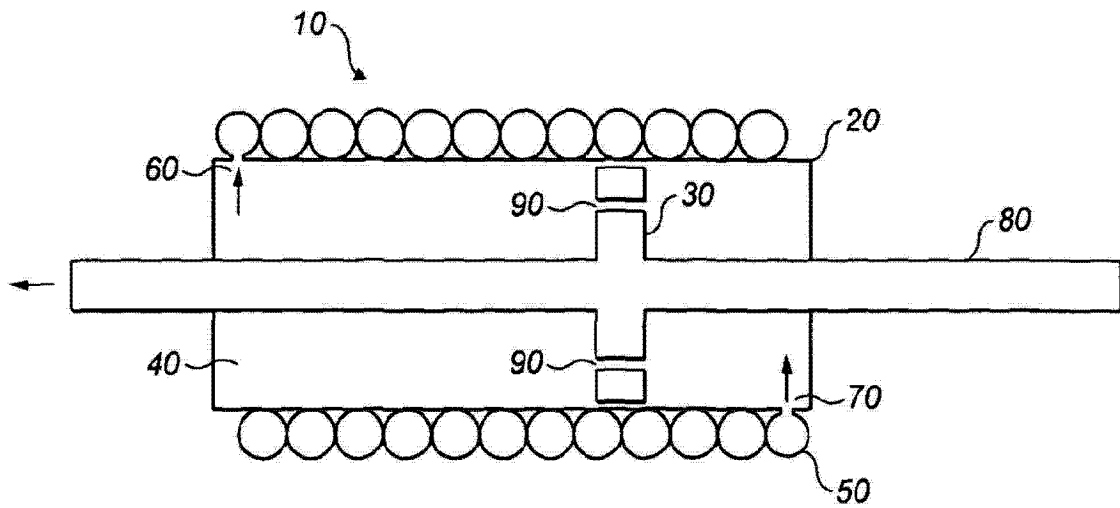


图 7

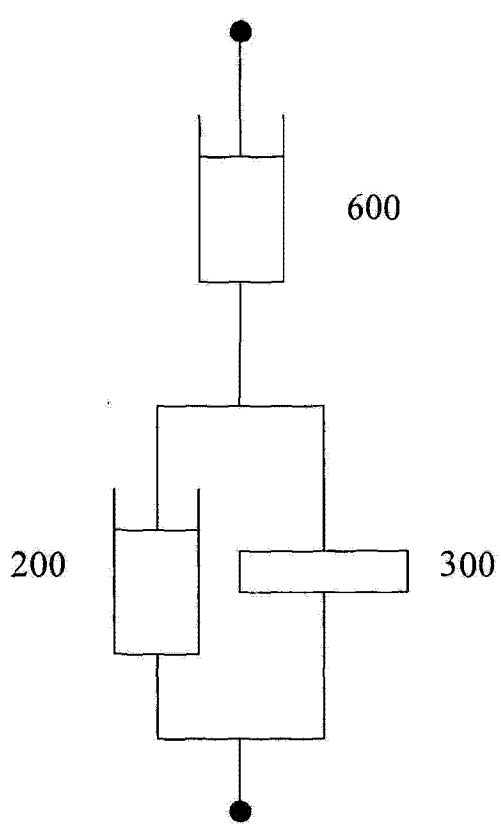


图 8

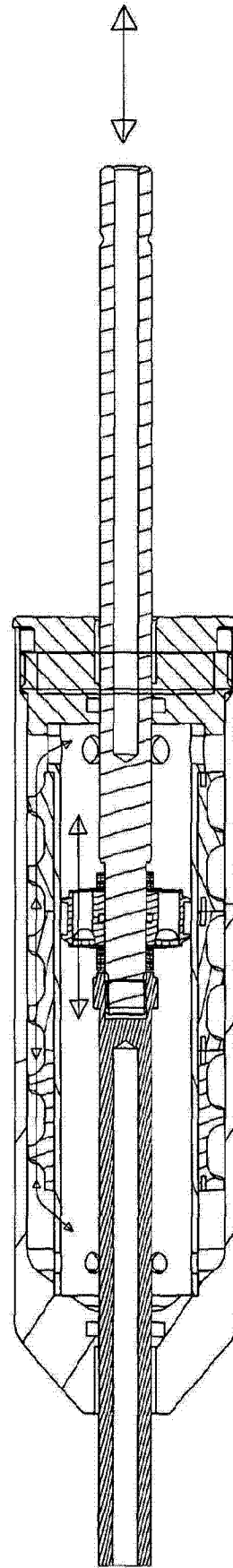


图 9

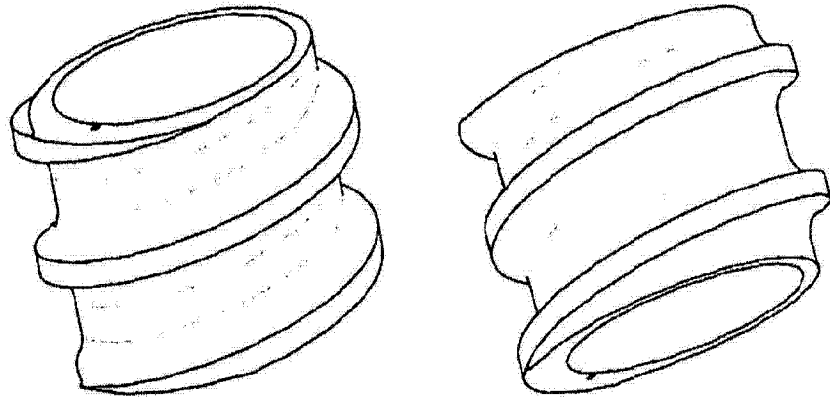


图 10

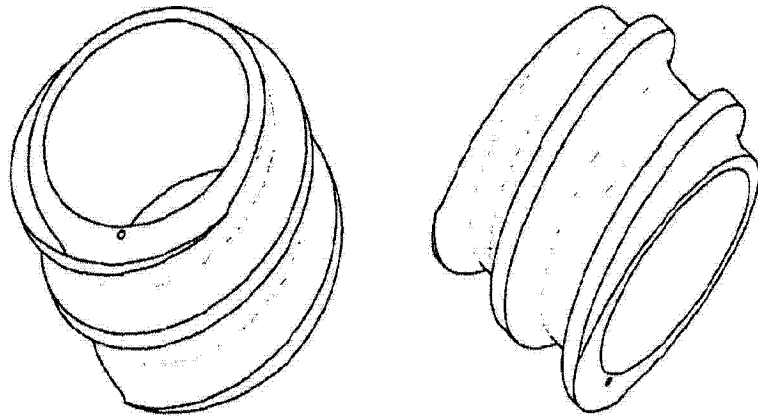


图 11

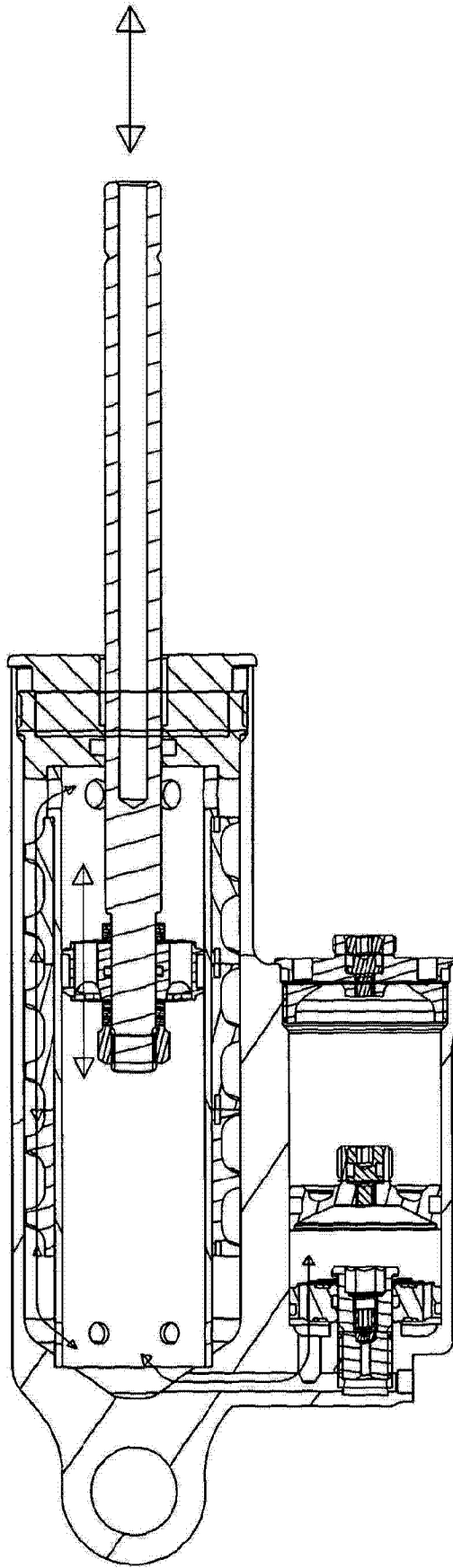


图 12

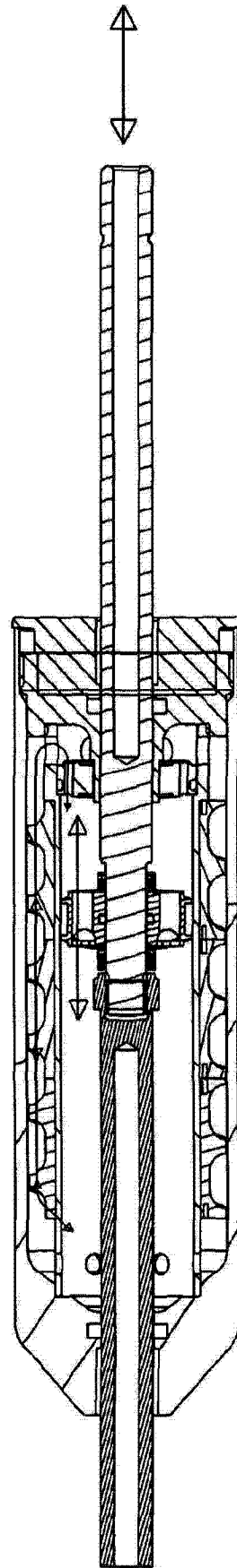


图 13

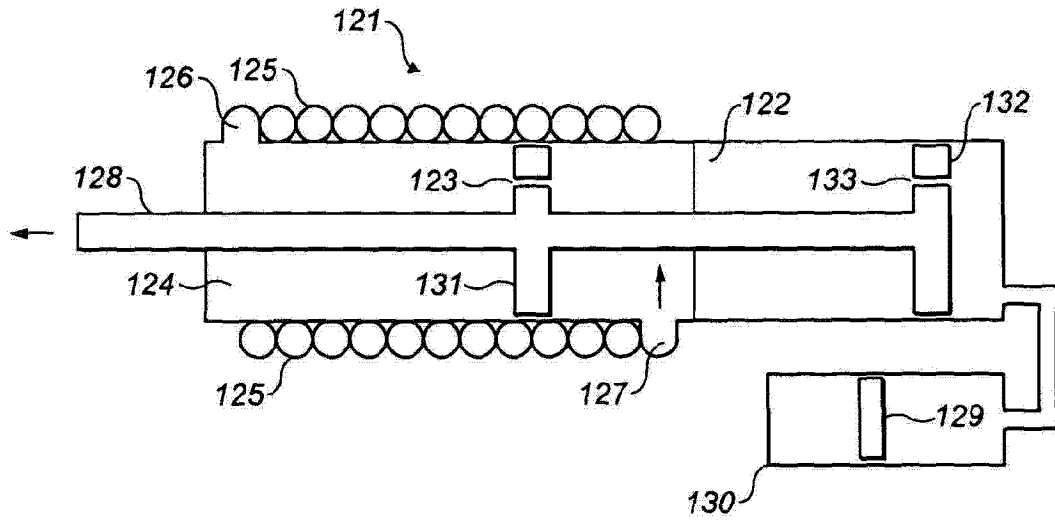


图 14

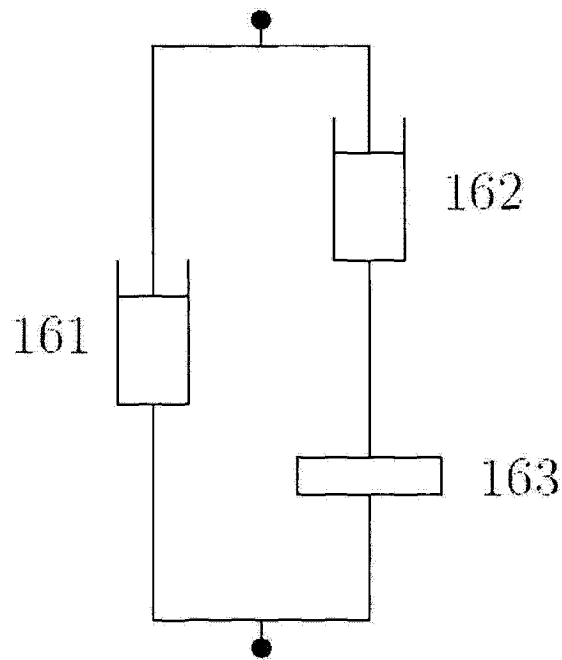


图 15

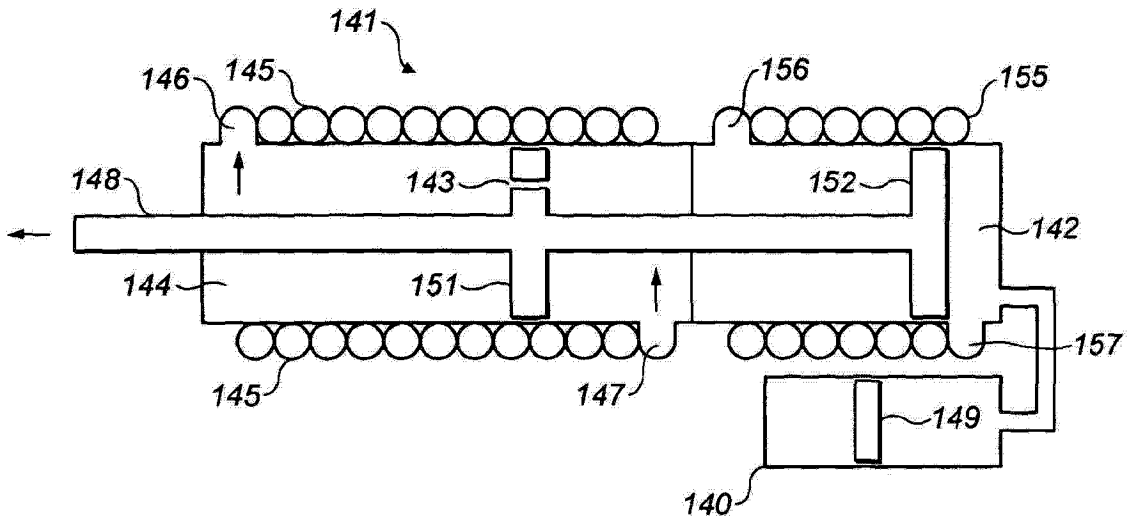


图 16

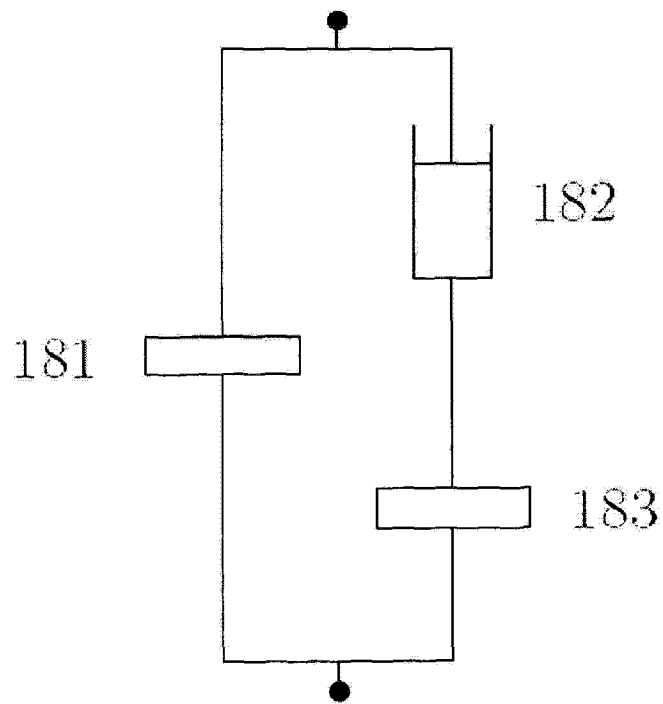


图 17

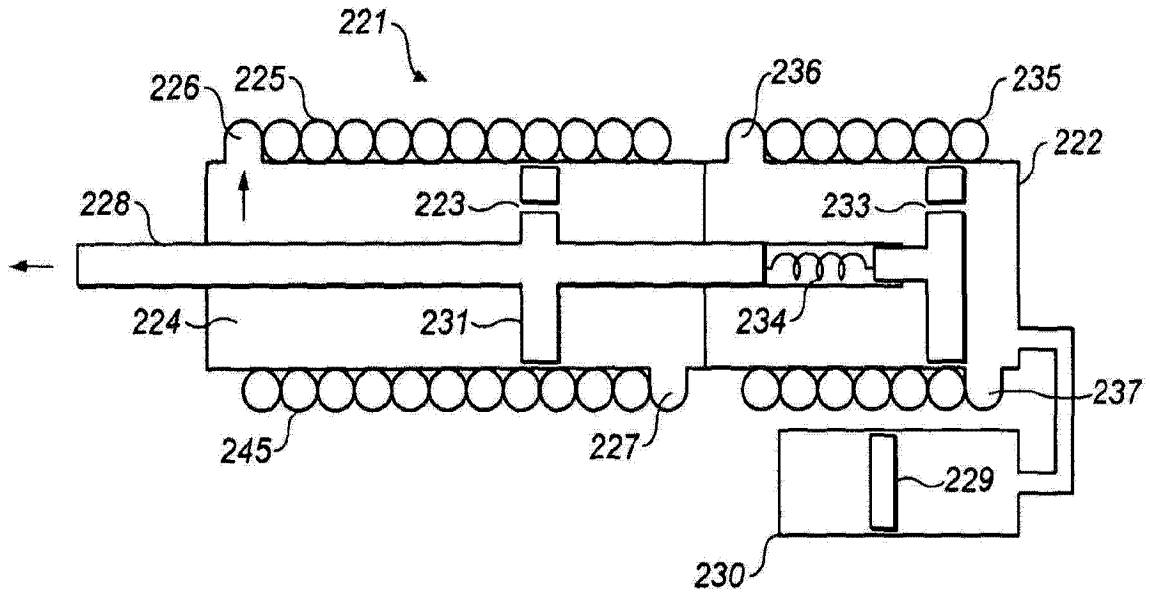


图 18

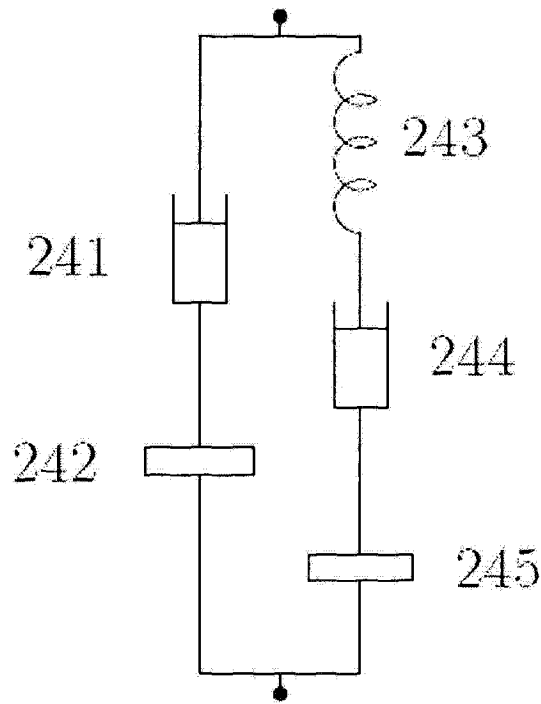


图 19

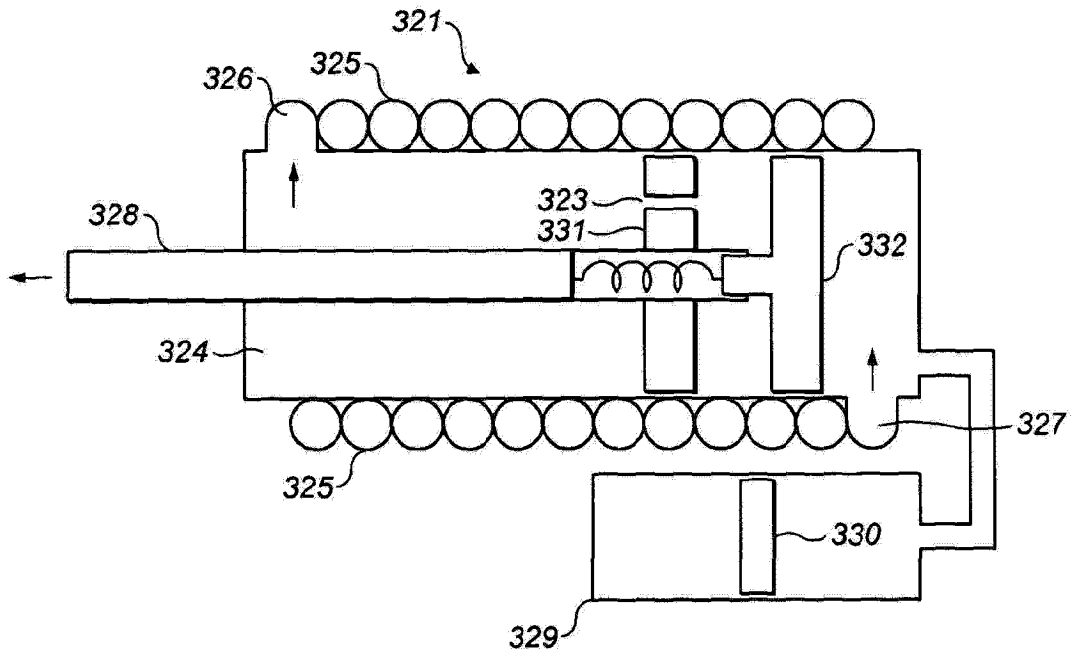


图 20

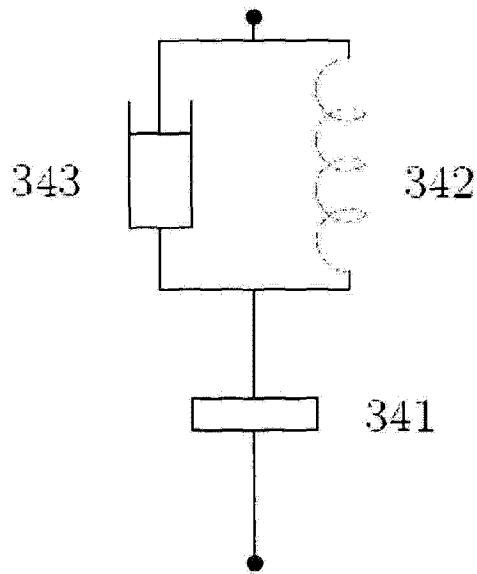


图 21

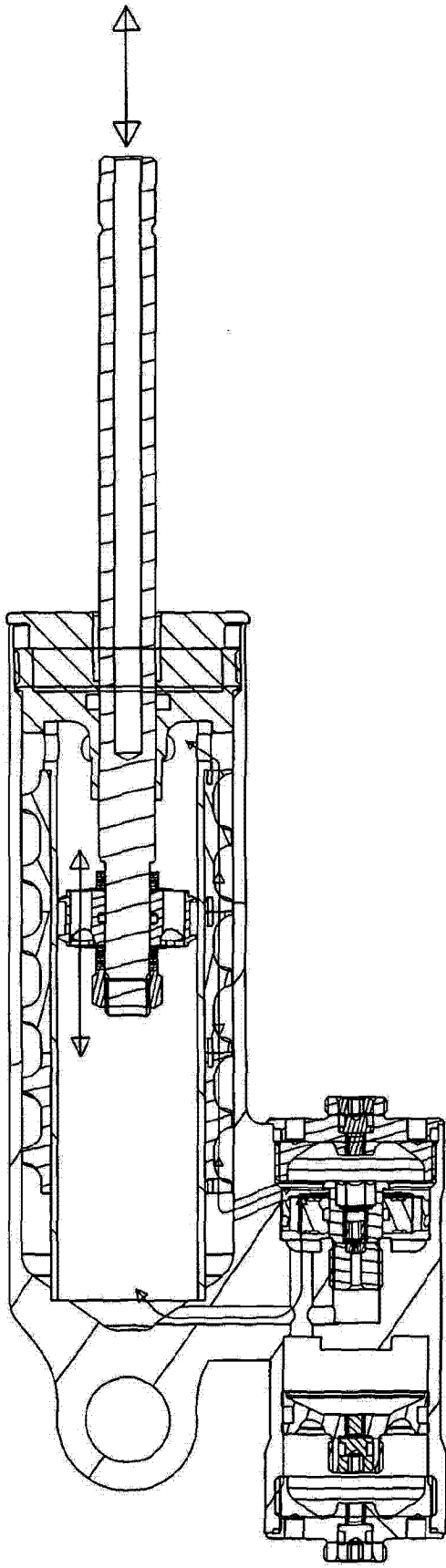


图 22

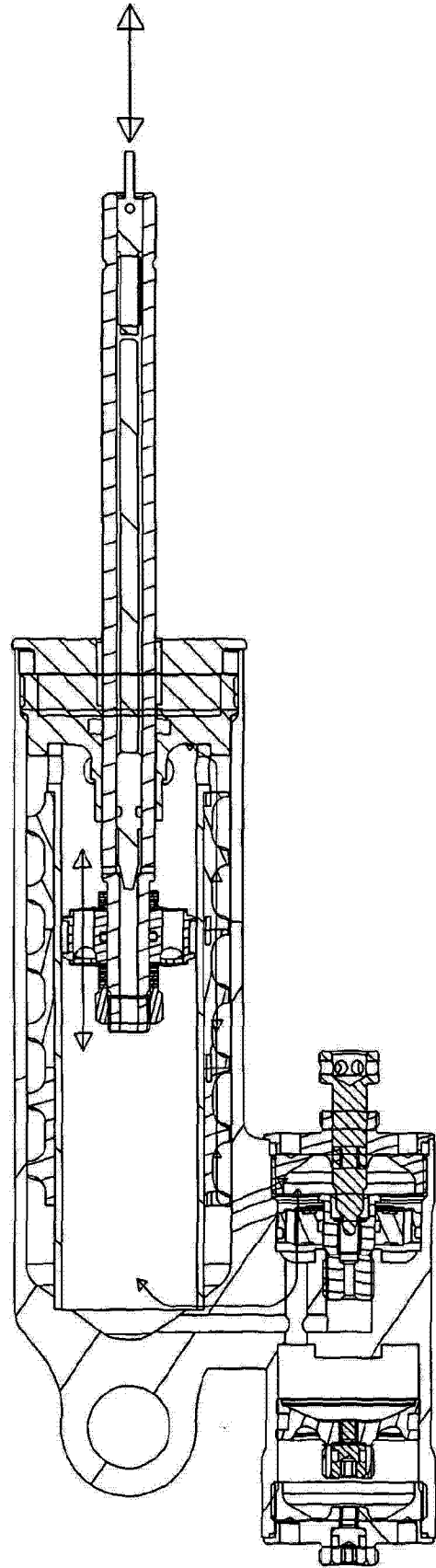


图 23

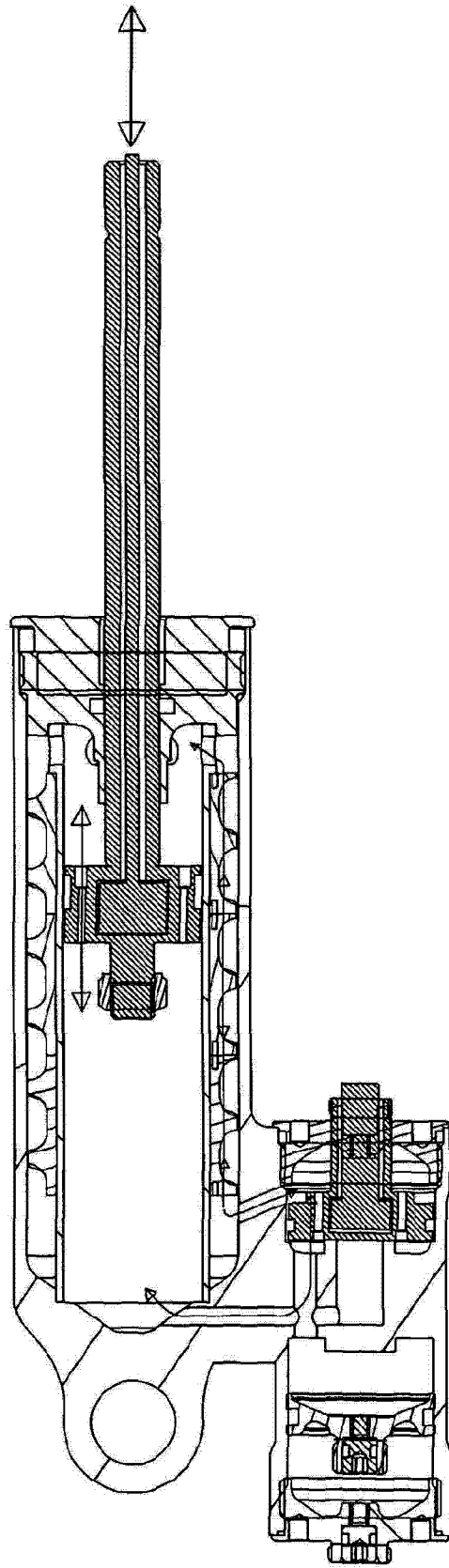


图 24