(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 101446117 B
(45)授权公告日 2010.10.27

(21)申请号 200810242953.3

(22)申请日 2008.12.30

(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
专利权人 南京河海科技有限公司

(72)发明人 杜成斌 李志全 于国军 孙立国

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.
E04B 1/98(2006.01)

(56)对比文件
CN 101215859 A,2008.07.09, 全文.
CN 1942647 A,2007.04.04, 全文.
EP 1096171 A2,2001.05.02, 全文.
JP 昭 60-38220 A,1985.02.27, 全文.
CN 2731175 Y,2005.10.05, 全文.

审查员 武敏

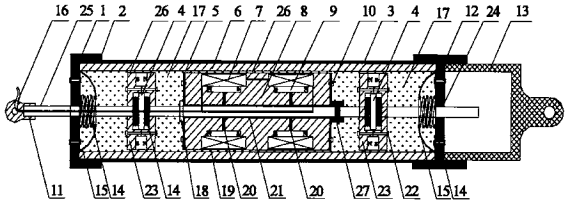
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54)发明名称

高耗能自解耦式磁流变阻尼器

(57)摘要

本发明涉及一种具有阻尼力解耦特性和失效自保护功能的高耗能自解耦式磁流变阻尼器，该阻尼器不仅耗能高、出力大，而且可以有效防止磁流变液沉降，适合应用于土木工程结构。它主要包括主缸体(6)、副缸体(13)、一个主活塞(8)、两个副活塞(23)、活塞杆(25)、新型组合结构蓄能器(14、15)等构件。主活塞(8)和两个副活塞(23)中的永磁体(9)设置能有效防止磁流变液沉降，并且在电源失效的情况下仍能提供相应的阻尼力，增加结构的安全性。磁路导向构件提高了磁场利用率。机械式弹簧自解耦装置主要在阻尼器承受低频驱动情况下工作，解决了低频率驱动下阻尼器出力不大的缺点。



CN 101446117 B

1. 高耗能自解耦式磁流变阻尼器，它包括一个主缸体 (6)、一个副缸体 (13)、一个主活塞 (8)、两个副活塞 (23)、磁流变阻尼通道 (26)、组合结构蓄能器 (14、15)、隔磁套筒 (3)、阻磁环 (5)、线圈外围隔磁护套 (19)、活塞内围隔磁护套 (21)，其特征在于：活塞杆 (25) 上布置一个主活塞 (8) 和两个副活塞 (23)，两个副活塞 (23) 上设置机械式弹簧自解耦机构，在缸盖 (2) 与连接缸盖 (12) 上分别安装有组合结构蓄能器，所述机械式弹簧自解耦机构由活塞杆 (25) 上弹簧自解耦挡板 (4)、副活塞 (23) 和连接二者的环形弹簧 (14) 组成；所述组合结构蓄能器由软钢碟形弹簧片 (15) 和环形弹簧 (14) 组合而成。

2. 根据权利要求 1 所述的高耗能自解耦式磁流变阻尼器，其特征在于：主缸体 (6) 内的两个副活塞 (23) 分别位于主活塞 (8) 的两侧，三个活塞内部均设有永磁体 (9)。

高耗能自解耦式磁流变阻尼器

技术领域

[0001] 本发明主要涉及阻尼器领域，是一种用于土木工程结构抗震（振）的阻尼器，尤其是一种具有阻尼力解耦特性和失效自保护功能的高耗能减震（振）装置。

背景技术

[0002] 强烈的地震给世界各国人民造成了巨大的灾害，寻求更合理有效的抗震（振）途径，研究更加安全、经济、可靠的耗能减震（振）元件，对有效地减轻地震灾害有重要的现实意义。磁流变液作为当前智能材料研究的一个重要分支，在振动控制领域具有广泛的应用前景。它属可控流体，是由非胶体的细小颗粒分散于绝缘载液中形成的随外加磁场变化而具有可控流变行为的稳定的悬浮液。在无外磁场作用时，其具有良好的流动性，而在强磁场作用下，磁流变液可在毫秒级时间内连续、可逆地实现从液态到固态的转变，呈现类似固体的力学性质。正是它的这种连续、可逆、迅速和易于控制的特点，使得磁流变液已经开始应用于土木工程、军事、航空航天等众多领域，被认为是未来最具前途的智能材料之一。

[0003] 阻尼力大小、出力可调范围、磁流变液防沉降、磁场利用率等因素是制约磁流变阻尼器性能的主要因素。目前国内外开发的阻尼器（耗能器）大多是利用单一的耗能机制，所提供的阻尼力和初始刚度有限。如磁流变流体的初始粘度低，在磁流变液体阻尼器的控制系统出现故障而不能提供电能时，磁流变液体阻尼器根本不具备普通被动油压减振器的阻尼调节功能，此时磁流变液体阻尼器对于大型工程结构就起不到应有的耗能减震作用，其安全性大大降低。且常规的磁流变阻尼器和普通的液压阻尼器相似，在高频振动时会出现刚度硬化现象，不利于减振控制。传统磁流变阻尼器具有低频条件下阻尼力减小，不利于位移控制等缺点，这对于土木工程结构的振动控制效果是有限的。而单纯靠增加线圈级数的方法增大阻尼器出力大小，会明显增加阻尼器的体积，这会给施工带来麻烦，并提高工程造价，且影响建筑的使用空间。同时，大部分传统磁流变阻尼器没有设置蓄能器或设置不够合理，使得磁流变阻尼器的磁滞回线不够饱满，甚至出现“空程”现象，严重影响了阻尼器的性能。设计合理的蓄能器也可以减缓活塞对缸盖的冲击，减少磁流变阻尼器的磨损，延长其使用寿命。

[0004] 此外，限制磁流变阻尼器在土木工程结构进行振动控制应用的一个关键因素是磁流变液的沉降稳定性问题，由于土木结构长期静置，而遭遇地震和强风的时间极短，这个问题就更为突出，传统的单一电流控制、单活塞运动的模式很难有效地防止磁流变液的沉降问题。

发明内容

[0005] 技术问题：针对现有技术存在的技术问题，本发明涉及一种具有阻尼力解耦特性和失效自保护功能的高耗能自解耦式磁流变阻尼器，主副活塞的组合设置不仅提高阻尼器的阻尼力，而且通过在活塞中分别设置永磁体有效地防止磁流变液的沉降，新型组合结构蓄能器构造简单、稳定性好，并且容易维护。

[0006] 技术方案：

[0007] 本发明的高耗能自解耦式磁流变阻尼器，它主要包括一个主缸体、一个副缸体、缸盖、隔磁套筒、一个主活塞、两个副活塞、活塞杆、阻尼通道、新型组合结构蓄能器、机械式弹簧自解耦机构、阻磁环、永磁体。主缸体中填充有磁流变液，主活塞上布置永磁体和励磁线圈，通过在励磁线圈外包裹线圈外围隔磁护套，活塞杆与主活塞连接部位设置活塞内围隔磁护套，主活塞两端由螺杆固定阻磁环，形成磁路导向结构，提高磁场利用率；在主缸体外部套嵌隔磁套筒，有效减小漏磁；两个副活塞位于主活塞的两端，弹簧自解耦挡板位于副活塞内部，两者通过间隙中的环形弹簧连接，组成机械式弹簧自解耦机构，在不同的频率和振幅下该解耦装置可实现自行解耦；主活塞与两个副活塞能够协同工作，提供阻尼力；在两个缸盖上分别安装新型组合结构蓄能器，该蓄能器由软钢碟形弹簧片和环形弹簧组成，该装置可减轻活塞对缸盖的冲击作用，同时使阻尼器的磁滞回线更加饱满，提高阻尼器性能；三个活塞中设置的永磁体，给整个主缸体内的磁流变液提供了稳定磁场，通过控制隔磁材料的厚度可保证每个活塞左右缸体中的磁场强度在 10mT ～ 100mT，从而有利于降低磁流变液的沉降和团聚，在结构形式上提高了磁流变液的稳定性；活塞杆在通过缸盖处分别设有密封圈。

[0008] 高耗能自解耦式磁流变阻尼器的磁路由永磁体和励磁线圈的共同作用产生，当结构受到荷载激励时，结构相应部位会产生变形和位移，而安装在结构中的高耗能自解耦式磁流变阻尼器在合适的振动控制策略下，通过改变励磁线圈的电流来改变磁流变阻尼通道中的磁场强度，从而改变磁流变通道中的阻尼力，形成一种连续可调的半主动控制装置。该阻尼器受到地震等高频荷载作用时，活塞小位移快速往复运动，此时的阻尼力主要由主活塞的磁流变效应和副活塞中弹簧的弹性恢复力组成；当受到低频荷载作用时，活塞运动位移超过副活塞中弹簧的最大压缩量，此时解耦装置发挥作用，阻尼力由主、副活塞处的磁流变效应和弹簧的弹性恢复力同时发挥作用。

[0009] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：

[0010] 1、本发明采用一个主活塞和两个副活塞协同组合减振，具有性能优良、价格低廉、设计简单、加工－安装－拆卸方便、减震性能卓越的优点；

[0011] 2、在提供相同阻尼力时，本发明克服了一般高耗能复合式阻尼器（在普通磁流变阻尼器基础上增加铅阻尼或胶泥阻尼耗能等其他耗能元件的阻尼器）牺牲可调倍数的缺点。通过合理设置辅助气隙间隔大小，可使阻尼器获得较大的出力可调范围，提高阻尼器的工作性能；

[0012] 3、本发明具有机械式弹簧自解耦机构，克服了高频振动时刚度硬化现象，它对激励频率和振幅都很敏感，在不同的频率和振幅下具有截然不同的刚度和阻尼特性，在低频域内具有高刚度、大阻尼，从而提供土木工程结构进行低频抗震所需的大阻尼力，而在高频域内具有低刚度、小阻尼的特性；

[0013] 4、本发明的新型组合结构蓄能器，它由用软钢制成的碟形弹簧片和环形弹簧组成，是一种构造简单、尺寸小、稳定性好、容易维护的内置式蓄能器，它能有效减缓活塞对缸盖的冲击作用，减小对阻尼器的损耗，延长其使用年限，克服了传统的重力式蓄能器和普通的弹簧蓄能器的安全隐患大、外置等缺点；

[0014] 5、本发明中永磁体在三个活塞中分别布置，克服了电源失效或能源不足时阻尼器

丧失调节功能、被控结构安全性降低的缺点，具有很强的承载能力。此外，三个活塞中设置的永磁体，给整个主缸体内的磁流变液提供了稳定磁场，通过控制隔磁材料的厚度可保证每个活塞左右缸体中的磁场强度在 10mT ～ 100mT，从而有利于降低磁流变液的沉降和团聚，在结构形式上提高了磁流变液的稳定性。同时，各关键部位均设置了隔磁体，可有效防止磁漏，并保证了阻尼通道在各磁极部分的磁场均匀且方向与阻尼器轴线垂直，提高磁场利用率。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明的结构示意图；

[0016] 图 2 为蓄能器分解示意图；

[0017] 图 3 为副活塞示意图；

[0018] 图 4 为活塞杆示意图；

[0019] 图 5 为磁路导向下磁力线分布示意图。

[0020] 图中：

[0021] 1——螺杆；14——环形弹簧；

[0022] 2——缸盖；15——软钢碟形弹簧片；

[0023] 3——隔磁套筒；16——导线；

[0024] 4——弹簧自解耦挡板；17——磁流变液；

[0025] 5——阻磁环；18——活塞固定螺母；

[0026] 6——主缸体；19——线圈外围隔磁护套；

[0027] 7——励磁线圈；20——辅助气隙；

[0028] 8——主活塞；21——活塞内围隔磁护套；

[0029] 9——永磁体；22——活塞组合螺杆；

[0030] 10——固定螺栓；23——副活塞；

[0031] 11——支座；24——密封圈；

[0032] 12——连接缸盖；25——活塞杆；

[0033] 13——副缸体；26——磁流变阻尼通道；

[0034] 27——活塞杆连接螺母。

具体实施方式

[0035] 以下将结合附图对本发明做进一步详细说明。

[0036] 如图 1 所示本发明的高耗能自解耦式磁流变阻尼器，它包括一个主缸体 (6)，一个副缸体 (13)，将环形弹簧 (14) 放在软钢碟形弹簧片 (15) 内部，通过螺杆 (1) 分别固定在缸盖 (2) 和连接缸盖 (12) 上，组成新型组合结构蓄能器，主缸体 (6) 和副缸体 (13) 由连接缸盖 (12) 连接，隔磁套筒 (3) 套嵌在主缸体 (6) 的外部，活塞杆 (25) 由两部分组成，可自由拆卸，两个环形弹簧 (14) 布置在弹簧自解耦挡板 (4) 两侧，将副活塞 (23) 对称布置，中间加入永磁体 (9)，通过活塞组合螺栓 (22) 固定，并与活塞杆 (25) 构成机械式弹簧自解耦机构，在主活塞 (8) 内布置永磁体 (9)，永磁体 (9) 外部缠绕励磁线圈 (7)，两组励磁线圈将主活塞 (8) 分为三个工作磁极，线圈外部分别安装有线圈外围隔磁护套 (19)，阻磁环 (5) 用

固定螺栓 (10) 固定在主活塞 (8) 上，在活塞杆上主活塞 (8) 对应部位套嵌活塞内围隔磁护套 (21)，将主活塞 (8) 通过活塞固定螺母 (18) 和活塞杆连接螺母 (27) 固定在活塞杆 (25) 上，主副活塞与主缸体 (6) 之间设有磁流变阻尼通道 (26)，将主副活塞置入主缸体 (6) 并注入磁流变液 (17)，用缸盖 (2) 将主缸体 (6) 密封，活塞杆 (25) 为部分中空，用于引出导线 (16)，在活塞杆 (25) 通过缸盖 (2) 和连接缸盖 (12) 部位均设有 O 型密封圈 (24)，将支座 (11) 通过螺纹固定在 (25) 上。

[0037] 磁流变液属可控流体，是由非胶体的细小颗粒分散于绝缘载液中形成的随外加磁场变化而具有可控流变行为的稳定的悬浮液。在无外磁场作用时，其具有良好的流动性，而在强磁场作用下，磁流变液可在毫秒级时间内连续、可逆地实现从液态到固态的转变，呈现类似固体的力学性质。利用磁流变液这一性质，在磁流变阻尼器主缸体和活塞之间设置有阻尼器通道，一般为 0.6 ～ 2mm，当活塞在工作缸内往返运动时会挤压磁流变阻尼缸内的磁流变液在阻尼通道中流动。在磁路部分同时设置励磁线圈、永磁体和辅助气隙，磁路由励磁磁场与永磁体共同作用组成。当线圈电流强度为 0 时，磁路中的磁场仅由永磁体提供，磁场强度的大小由永磁体的自身特性决定；当线圈通电流强度为 I 的电流后，就会沿着缸筒、磁流变液、辅助气隙以及活塞组成闭合的回路产生磁场，并与永磁体产生的磁场相互叠合，当线圈产生的磁场方向和永磁体产生的磁场方向一致时在阻尼通道中的总磁场增大，反之减小。故可以通过改变线圈电流大小和方向来实时改变阻尼通道中的磁场强度的大小，可以得到可控的阻尼力。辅助气隙大小一般设为工作气隙的 2-3 倍，如此设置，磁流变阻尼器在获得需要阻尼力的同时，又能获得较大的出力可调范围。

[0038] 在磁流变阻尼器的外加电源失效时，传统磁流变阻尼器对于大型土木工程结构就起不到应有的耗能减震作用，其安全性大大降低。通过为其引入永磁体，不仅在零外加能源情况下仍能提供较大的阻尼力，还能有效改善磁流变液的静置沉降问题。传统磁流变阻尼器具有低频条件下阻尼力减小，不利于位移控制等缺点。通过设置两个副活塞，在副活塞与活塞杆之间设置环形弹簧，构成机械式环形弹簧解耦机构，使磁流变阻尼器具有阻尼力解耦特性，在不同的频率和振幅下具有截然不同的刚度和阻尼，在低频域内具有高刚度、大阻尼，提供给土木工程结构进行低频抗震所需的大阻尼力，而在高频域内具有低刚度、小阻尼的特性。三个活塞将阻尼器中的磁流变液分为四部分，通过控制隔磁材料的厚度可保证每个活塞左右缸体中的磁场强度在 10mT ～ 100mT，从而有利于降低磁流变液的沉降和团聚，在结构形式上提高了磁流变液的稳定性。同时，利用设计的新型组合结构蓄能器可以减缓活塞对缸盖的冲击，减少磁流变阻尼器的磨损，延长其使用寿命，很大程度上排除或减小“空程”现象，使得磁流变阻尼器的磁滞回线更加饱满，提高阻尼器的工作性能。

[0039] 在具体的土木结构工程中，需综合考虑结构本身的特性以及抗震需求，合理设计磁流变阻尼器的结构形式（包括磁流变最大剪切屈服强度、线圈匝数、永磁材料、导磁体材料、隔磁材料、磁极个数、阻尼通道有效长度、阻尼间隙、行程、活塞及活塞杆的直径、弹簧自解耦挡板、碟形弹簧片、环形弹簧等）以达到理想的振动控制效果。

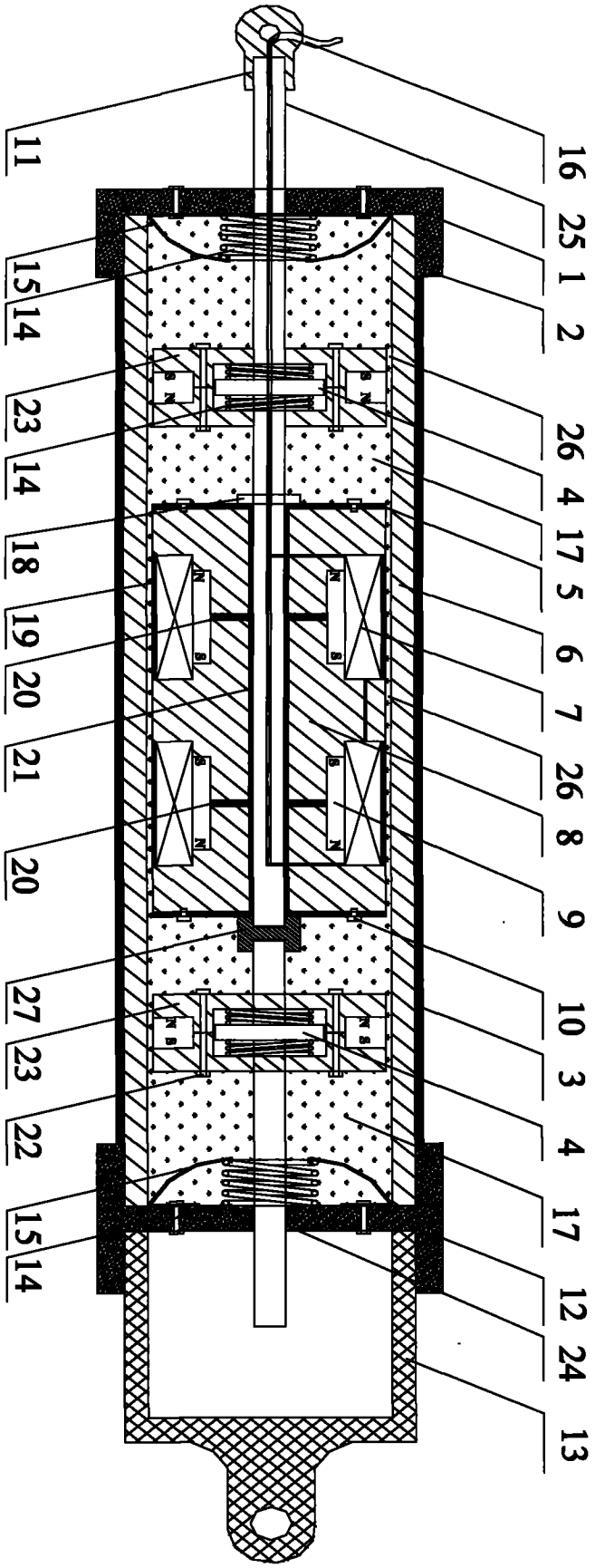

11
16
25
1
2
15
14
23
26
14
4
18
17
5
19
6
20
7
21
26
8
20
9
27
10
23
3
22
4
15
17
14
12
24
13

图 1

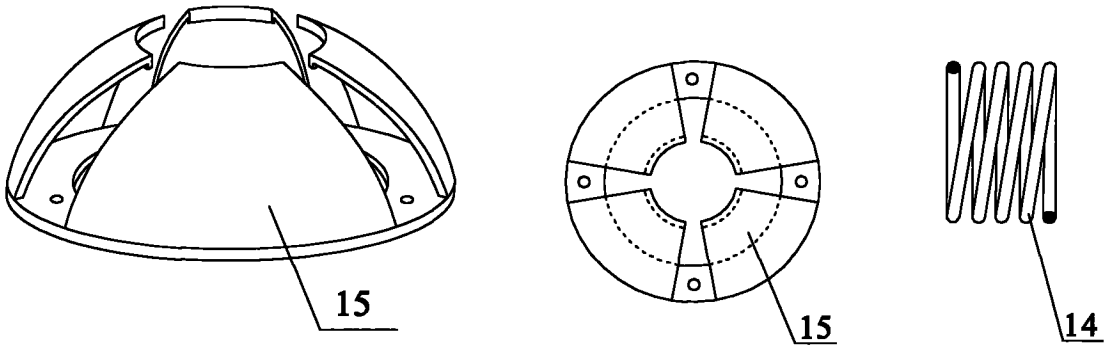


图 2

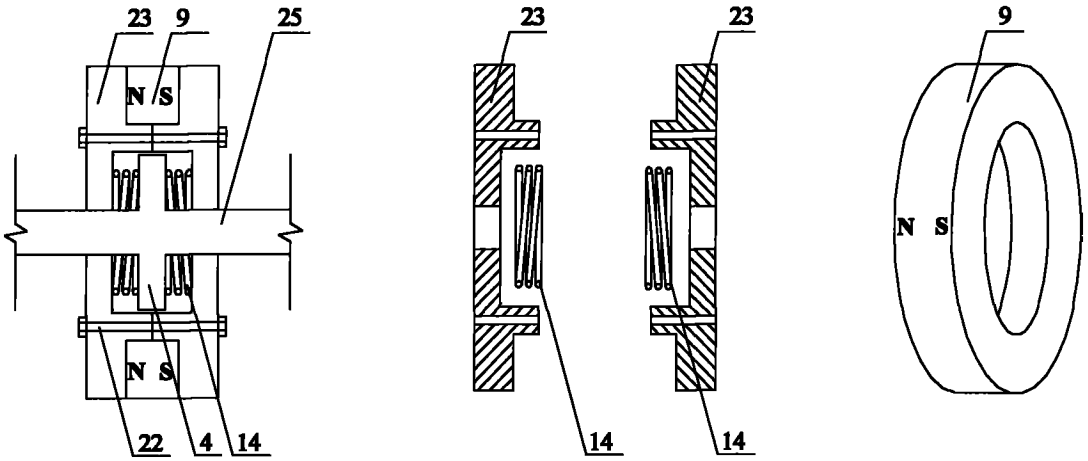


图 3

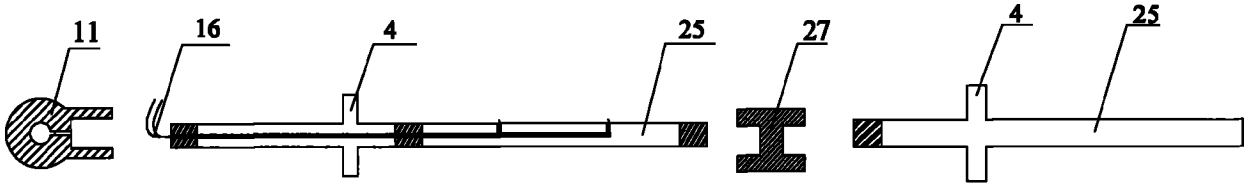


图 4

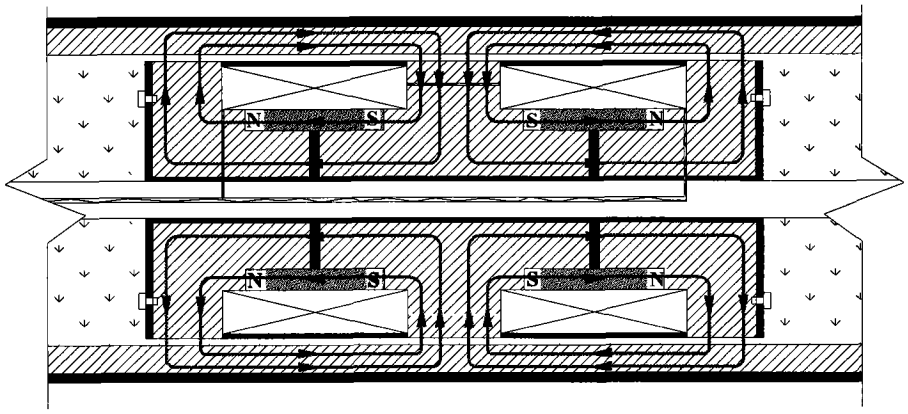


图 5