



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103076624 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201210594163. 8

(22) 申请日 2012. 12. 31

(73) 专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历城区山大南路
27 号

(72) 发明人 李术才 翟鹏 刘斌 聂利超
曲孟孟 宋杰 翟少鹏 薛翊国
周游 刘征宇 孙怀凤 林春金

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 张勇

(51) Int. Cl.

G01V 1/02(2006. 01)

审查员 彭齐治

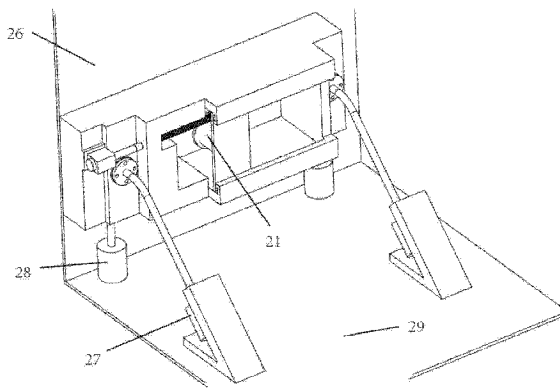
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

隧道地震波探测自持力智能可控激震装置

(57) 摘要

本发明涉及一种隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,它包括超磁致伸缩换能器、自动换点滑台,超磁致伸缩换能器活动安装在自动换点滑台上,自动换点装置分别安装在超磁致伸缩换能器和自动换点滑台的导轨上;自动换点滑台还与固定缓冲装置连接,使整个自动换点滑台紧压在隧道掌子面上;超磁致伸缩换能器与驱动电源连接;驱动电源、自动换点装置以及固定缓冲装置由总体控制装置控制。它利用优化变幅杆形状提高了地震波的能量密度,便于移动和固定,缓冲了换能器非工作端的振动,使激振更稳定,实现了测量的智能化控制。



1. 一种隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,它包括:超磁致伸缩换能器、自动换点滑台,超磁致伸缩换能器活动安装在自动换点滑台上,自动换点装置则分别安装在超磁致伸缩换能器和自动换点滑台的导轨上;自动换点滑台还与固定缓冲装置连接,使整个自动换点滑台紧压在隧道掌子面上;超磁致伸缩换能器与驱动电源连接;驱动电源、自动换点装置以及固定缓冲装置由总体控制装置控制;

所述超磁致伸缩换能器包括壳体,壳体与线圈骨架一端固连,壳体通过碟簧与传振端盖连接;在壳体两侧分别设有与自动换点滑台的导轨相配合的滑块,壳体还与自动换点装置的螺母连接;在壳体与传振端盖之间设有被线圈骨架包围的配重块、GMM 伸缩棒,在线圈骨架内则设有交流线圈;壳体顶部设有预紧螺栓,它与碟簧对 GMM 伸缩棒产生一个预紧力;壳体上设有线圈孔,驱动电源中的交流电源通过线圈孔与交流线圈连接,交流电场使交流线圈产生交变磁场,GMM 伸缩棒在交变磁场作用下产生振动,并将振动传给传振端盖;传振端盖通过连接段与变幅杆连接,变幅杆将振动的振幅增大,并将声波传输到待检测面;所述的变幅杆通过底端的连接段与传振端盖进行连接,连接段包括一段螺纹与一段圆柱体,螺纹用于连接,而圆柱体用于变幅杆的径向定位,变幅杆的大端面与传振端盖之间涂一层耦合剂;变幅杆使用母线为三次样条曲线的回转体。

2. 如权利要求 1 所述的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,所述固定缓冲装置包括四个液压缸,分别为两个支撑液压缸与两个压紧液压缸,支撑液压缸的活塞杆与自动换点滑台侧面的法兰连接,压紧液压缸的活塞缸与自动换点滑台正面的法兰连接,压紧液压缸配有楔形支承装置,活塞杆总体呈弯曲形状;所述四个液压缸均通过油路与电磁换向阀和蓄能器连接,电磁换向阀与单向阀、液压泵连接,液压泵还与溢流阀连接;电磁换向阀、液压泵均与总体控制装置连接。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,所述自动换点滑台包括带有开槽的座体,在座体上设有导轨,导轨为燕尾形滑动导轨,超磁致伸缩换能器安装在燕尾形滑动导轨上;同时在开槽内设有自动换点装置的丝杠。

4. 如权利要求 3 所述的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,所述自动换点装置还包括一个步进电机,步进电机通过联轴器与丝杠连接,丝杠与螺母配合构成丝杠螺母机构,步进电机通过丝杠、螺母带动超磁致伸缩换能器沿着燕尾形滑动导轨移动;步进电机与总体控制装置连接。

5. 如权利要求 1 所述的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,所述的驱动电源采用基于 DSP 器件的数字逆变电源,提供 100 ~ 2000Hz 的交变电流且频率可调,并且最大功率达到 50Kw,产生频率是 100Hz ~ 2000Hz 的交变电流,地震波功率达到 6 ~ 25Kw;其中驱动电路中有基于最大电流原则的反馈电路,实时调节驱动电源的工作频率使换能器的工作电流达到最大,从而使换能器工作在谐振状态;驱动电源与总体控制装置连接。

6. 如权利要求 1 所述的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,其特征是,所述总体控制装置包括计算机和开关量控制卡,计算机连接开关量控制卡,开关量控制卡与驱动电源、自动换点滑台以及固定缓冲装置连接。

隧道地震波探测自持力智能可控激震装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隧道施工中,用于地震反射法地质提前预报的人工震源设备,具体地说是一种在隧道施工中,可以在掌子面上移动,产生可控频率地震波的基于超磁致伸缩材料的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置。

背景技术

[0002] 在隧道施工中,我国已是世界上隧道建设规模与难度最大的国家。由于山高洞长,在隧道施工前期难以全部查清沿线不良地质情况,导致在隧道施工过程中经常发生突水、突泥、塌方等重大地质灾害,造成了重大的人员生命财产损失,严重影响了隧道工程建设安全。为了减少和避免隧道施工期间地质灾害的发生,在隧道施工过程中实施超前地质预报具有重要意义。所谓超前地质预报,就是采用勘探地球物理的技术探测隧道掘进面前方的地质情况,对断层、溶洞、暗河等地质缺陷进行识别和定位,提前探明地质灾害的危险源,为灾害的预防和处置提供指导和参考。

[0003] 目前,国内外主要的隧道施工期不良地质超前预报的地球物理技术主要包括地震反射法(探测距离约 120m)、电磁法(探测距离约 40-70m)、直流电法(探测距离约 40m)、红外线法(探测距离约 20m)等。其中地震反射法具有探测距离大、分辨率高的突出优势,对于远距离提前定量识别并定位不良地质体具有重要作用,是最常用的隧道超前地质预报地球物理方法之一。目前隧道地震法超前预报方法主要有 TSP 法、TRT 法、TGP 法等(杨果林,杨立伟.隧道施工地质超前预报方法与探测技术研究[J].地下空间与工程学报,2006,(04):627-630+645),这些方法在实际数据采集中均采用雷管触发炸药爆炸的方式来实现地震波的激发,这种震源激发方法无法实现震源可控,震源能量、频率等主控指标离散性大,且炸药激发极为不安全,很多隧道工程(尤其在城市隧道中)禁止使用这种激发方法,给隧道地震法的发展与推广带来很大困难。针对该问题,研究一种“非爆式”的震源激发装置与方法具有重要意义。吉林大学林君等(梁铁成,林君,陈祖斌.电磁驱动可控震源在隧道探测中的应用[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,(S1):87-89)将一种电磁驱动式轻便高频可控震源应用于隧道探测,取得了不错的效果,但这种震源的振动是利用磁场中载流导体所受电磁力的交变产生的,在载流导体与超磁致伸缩棒体积相同的情况下,输出功率比超磁致伸缩换能器小很多,所以探测距离比较小。钟世航(一种由 2~8 个超磁致伸缩震子并联的激震器,CN102495423A)研制了一种用于极小偏移距地震波超前预报方法的手持式的震源激震装置,采用了三个磁致伸缩棒并联的方式实现激震,在实际探测中起到较好的效果。但这种手持式的超磁致伸缩震源装置在激发时由于依靠人体提供反力,后坐力较大,激发效果对人体的稳定性的依赖程度较高,容易导致震源激发不稳定,另外,三个磁致伸缩棒并联的方法在伸缩长度及输出力的协调性控制方面存在较大难度。

[0004] 可见,在隧道地震波法超前地质预报的“非爆式”震源激发技术方面已经出现了一些应用技术,但存在着一些问题,需要设计新型激震装置来弥补不足。在新型激震装置研制中需要解决的主要问题如下:①需要设计一种“电磁—动力”转化效能更高的激震装置,对

激震装置中的致动结构、变幅结构、激励装置等进行优化设计,从而减少漏磁,增加磁场均匀性,提高地震波的能量密度;②由于激震点往往在隧道掘进面或者边墙上,激震方向垂直于掘进面或者边墙,没有提供反力的结构,需要设计一种可靠稳定的反力结构;③在实际探测中激震点多达几十个,采用人工移动换点的方式,效率较低,需要设计一种自动换点、自动激震的装置。

发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明设计了一种隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,它利用优化变幅杆形状提高了地震波的能量密度;利用丝杠螺母机构和燕尾形滑动导轨对换能器进行移动和固定;利用一个调压缓冲的液压回路固定导轨,缓冲了换能器非工作端的振动,使激振更稳定;利用计算机和开关量控制卡来控制换能器的移动和定位、导轨固定卸载以及激振启停,实现了测量的智能化控制。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采取下述技术方案:

[0007] 一种隧道地震波探测自持力智能可控激震装置,它包括超磁致伸缩换能器、自动换点滑台,超磁致伸缩换能器活动安装在自动换点滑台上,自动换点装置(包括步进电机、丝杠螺母机构)则分别安装在超磁致伸缩换能器和自动换点滑台的导轨上;自动换点滑台还与固定缓冲装置连接,使整个自动换点滑台紧压在隧道掌子面上;超磁致伸缩换能器与驱动电源连接;驱动电源、自动换点装置以及固定缓冲装置由总体控制装置控制。

[0008] 所述超磁致伸缩换能器包括壳体,壳体与线圈骨架一端固连,壳体通过碟簧与传振端盖连接;在壳体两侧分别设有与自动换点滑台的导轨相配合的滑块,壳体还与自动换点装置的螺母连接;在壳体与传振端盖之间设有被线圈骨架包围的配重块、GMM 伸缩棒,在线圈骨架内则设有交流线圈;壳体顶部设有预紧螺栓,它与碟簧对 GMM 伸缩棒产生一个预紧力;壳体上设有线圈孔,驱动电源中的交流电源通过线圈孔与交流线圈连接,交流电场使交流线圈产生交变磁场,GMM 伸缩棒在交变磁场作用下产生振动,并将振动传给传振端盖;传振端盖通过连接段与变幅杆连接,变幅杆将振动的振幅增大,并将声波传输到待检测面。

[0009] 所述的变幅杆通过底端的连接段与传振端盖进行螺纹连接,变幅杆的大端面与传振端盖之间涂一层耦合剂;变幅杆使用母线为三次样条曲线的回转体。

[0010] 所述自动换点滑台包括带有开槽的座体,在座体上设有导轨,导轨为燕尾形滑动导轨,超磁致伸缩换能器安装在燕尾形滑动导轨上;同时在开槽内设有自动换点装置的丝杠;座体两侧设有法兰与压紧液压缸连接,座体下端也设有法兰与支撑液压缸连接。

[0011] 所述自动换点装置包括一个步进电机,步进电机通过联轴器与丝杠连接,丝杠与螺母配合构成丝杠螺母机构,步进电机通过丝杠、螺母带动超磁致伸缩换能器沿着燕尾形滑动导轨移动;步进电机与总体控制装置连接。

[0012] 所述固定缓冲装置包括四个液压缸,分别为两个压紧液压缸与两个支撑液压缸,它们的活塞杆与自动换点滑台正面和侧面的法兰连接;液压缸通过油路与电磁换向阀和蓄能器连接,电磁换向阀与单向阀、液压泵链接,液压泵还与溢流阀连接;电磁换向阀、液压泵均与总体控制装置连接。

[0013] 所述的驱动电源采用基于 DSP 器件的数字逆变电源,提供 100 ~ 2000Hz 的交变电流且频率可调,并且最大功率达到 50Kw,产生频率是 100Hz ~ 2000Hz 的交变电流,地震波功

率达到 6 ~ 25Kw ;驱动电路中还包含基于最大电流原理的反馈电路,用于追踪换能器的固有频率,并调节工作频率使换能器工作在谐振状态 ;驱动电源与总体控制装置连接。

[0014] 所述总体控制装置包括计算机和开关量控制卡,计算机连接开关量控制卡,开关量控制卡与驱动电源、自动换点滑台以及固定缓冲装置连接。

[0015] 计算机通过控制开关量控制卡来控制电磁阀的得电与失电,从而控制导轨的固定与卸载 ;计算机通过控制开关量控制卡来控制步进电机的转动,从而控制换能器的移动和定位 ;计算机通过控制开关量控制卡控制驱动电源的开关来控制激振的启停。

[0016] 本发明的有益效果是 :

[0017] 1> 设计的传振端盖既起到密封作用,又起到传递振动的作用,简化了换能器的结构 ;传振端盖连接一个变幅杆,变幅杆能将 GMM 伸缩棒的振幅进行放大,从而增加能量密度,提高信噪比,更适合地质探测的要求 ;变幅杆的母线形状设计为三次样条曲线,能够使变幅杆具有较大的放大系数和形状因数,起到更好的变幅效果 ;

[0018] 2> 本发明可对超磁致伸缩换能器振动系统进行谐振频率跟踪,并实时调节工作频率,使振动系统工作在共振状态,从而提高超声波的振幅和能量密度。

[0019] 3> 采用导轨和液压系统固定和支持超磁致伸缩换能器的方法 :能够缓冲换能器非工作端的振动,比手持式换能器工作更加稳定,同时可实现多测点观测情况下的自动移动和智能换点,大大提高了工作效率 ;

[0020] 4> 采用智能控制装置 :计算机通过开关量控制卡控制电机——丝杠螺母机构带动换能器的移动和定位,以及计算机通过开关量控制卡控制驱动电源的开关进而控制激振的启停,能够实现测量的自动化,效率远远高于手持式换能器。

附图说明

[0021] 图 1 为超磁致伸缩换能器和变幅杆的结构示意图。

[0022] 图 2 为自动换点滑台的传动机构示意图。

[0023] 图 3 为自动换点滑台的固定缓冲机构示意图。

[0024] 图 4 为自动换点滑台与换能器的安装示意图。

[0025] 图 5-1 为逆变主电路直流供电模块电路图。

[0026] 图 5-2 为逆变电路与匹配滤波电路模块电路图。

[0027] 图 5-3 为 DSP 信号产生电路和隔离与驱动电路模块电路图。

[0028] 图 5-4 为反馈电路模块电路图。

[0029] 图 6 为总体控制装置和总体控制流程图。

[0030] 其中,1、预紧螺栓,2、壳体,3、线圈孔,4、配重块,5、线圈骨架,6、GMM 伸缩棒,7、交流线圈,8、传振端盖,9、内六角螺钉,10、螺纹孔,11、碟簧,12、滑块,13、连接段,14、变幅杆,15、溢流阀,16、液压泵,17、单向阀,18、电磁换向阀,19、蓄能器,20、液压缸,21、换能器,22、步进电机,23、燕尾形滑动导轨,24、丝杠,25、法兰,26、掌子面,27、压紧液压缸,28、支撑液压缸,29、地面。

具体实施方式

[0031] 如图 1 所示,壳体 2 和线圈骨架 5 通过四个内六角螺钉 9 连接 ;整个超磁致伸缩换

能器通过壳体 2 中的滑块 12 固定在燕尾形滑动导轨中；配重块 4、GMM 伸缩棒 6、交流线圈 7 放置在壳体 2 中；壳体 2 和传振端盖 8 之间有碟簧 11；预紧螺栓 1 和碟簧 11 对 GMM 伸缩棒 6 产生一个预紧力；驱动电源的交流电源通过线圈孔 3 连接交流线圈 7；驱动电源产生的交流电场使交流线圈 7 产生交变磁场，GMM 伸缩棒 6 在交变磁场作用下产生振动，并将振动传给传振端盖 8；当 GMM 伸缩棒 6 缩短时，碟簧 11 的回复力使传振端盖 8 回复原位；传振端盖 8 既起到密封作用，又起到传递振动的作用；变幅杆 14 通过连接段 13 和传振端盖 8 连接，连接段包括一段螺纹和一段圆柱体，螺纹用于变幅杆 14 与传振端盖 8 的连接，圆柱体用于变幅杆 14 的径向定位，变幅杆的前端应固定于振幅为 0 处，使换能器激振更稳定，变幅杆 14 的大端面与传振端盖 8 之间涂一层耦合剂，减少声波能量的损耗，变幅杆 14 将振动的振幅增大，通过耦合剂将声波传输到待检测面；传振端盖 8 既起到端盖的密封作用，又起到传递振动的作用，简化了换能器结构。

[0032] 变幅杆 14 的母线形状为三次样条曲线，可以使变幅杆 14 具有较大的放大系数和形状因数。

[0033] 如图 2 所示，外壳 2 上的滑块 12 和燕尾形滑动导轨 23 配合，燕尾形滑动导轨 23 起导向作用；外壳 2 与丝杠 24 通过螺母连接，步进电机 22 的主轴和丝杠 24 通过联轴器连接，步进电机 22 电机带动丝杠 24 转动时，丝杠螺母就会带动超磁致伸缩换能器沿着燕尾形滑动导轨 23 运动，根据步进电机 22 主轴转动的角度以及丝杠 24 的螺距数值就可以控制超磁致伸缩换能器移动到一个确定的位置。

[0034] 如图 3 与图 4 所示，固定缓冲装置为一个调压缓冲回路的液压机构。液压缸 20 的活塞杆通过法兰 25 结构与自动换点滑台的两端连接，自动换点滑台固定时使电磁换向阀 18 左端通电，此时液压泵 16 输出的液压油给液压缸 20 的活塞杆一个向右的压力，这个压力可以通过溢流阀 15 进行调节，滑台下部的两个支撑液压缸放在地面上支撑滑台，滑台两侧的两个压紧液压缸配有楔形支承装置与地面接触，活塞杆总体为弯曲形状，使整个自动换点滑台紧压在隧道掌子面上；当超磁致伸缩换能器中的 GMM 伸缩棒 6 的非工作端振动时会对整个换能器产生连续冲击力，这个冲击力会传送到支持导轨的液压缸活塞杆，液压缸 20 的进油油道口处连接一个蓄能器 19，此时蓄能器 19 和单向阀 17 起到缓和压力冲击的作用，并且保证了活塞杆输出压力的恒定，使振动更加稳定。

[0035] 自动换点滑台需要卸载时，只需要使电磁换向阀 18 右端通电。

[0036] 驱动电源采用基于 DSP 器件的数字逆变电源，能够为超磁致伸缩换能器交流线圈 7 提供 100 ~ 2000Hz 的交变电流，根据不同的地质情况，通过调节 SPWM 波的波形可以调节交变电流的频率以便达到最好测量效果；根据最大电流的方法对超磁致伸缩换能器振动系统进行谐振频率跟踪，实时调节工作频率，使振动系统工作在共振状态，从而提高超声波的振幅和能量密度。

[0037] 驱动电源的直流供电模块(图 5-1)的 VCC 端既连接逆变主电路的 VCC 端，为逆变主电路(图 5-2)提供直流电；

[0038] DSP 芯片的信号输出端口连接驱动电路(图 5-3)中 6N137 的输入端，可以将 DSP 芯片产生的 SPWM 波输入到隔离驱动电路中；驱动电路中的 P_OUT 端口连接逆变电路中的 IGBT 晶体管 Q1, Q3, N_OUT 端口连接 Q2, Q4, IGBT 起到功率放大的作用；

[0039] 如图 5-2，电感 L1 和电容 C3 起到滤波作用，使 SPWM 波过滤成符合要求的正弦波；

电容 C4 与换能器线圈串联,达到匹配的作用,使换能器处于谐振状态;

[0040] 反馈电路(图 5-4)利用搜索工作电流最大值的方法来搜索换能器谐振频率。霍尔电流传感器 ACS706ELC 采集换能器线圈的电流,转化为 DSP 可识别的电压信号后传给 DSP,不断调整输出 SPWM 波的频率使这个电压达到最大值,这时换能器工作在谐振状态;DSP 芯片连接按键和显示电路,可以进行频率的输入和显示。

[0041] 总体控制装置包括计算机和开关量控制卡,计算机连接开关量控制卡,开关量控制卡一方面连接电机,另一方面连接自动换点滑台固定装置中的电磁换向阀,另外还连接换能器驱动电源。计算机通过控制开关量控制卡来控制电磁阀的得电与失电,从而控制自动换点滑台的固定与卸载;计算机通过控制开关量控制卡来控制步进电机的转动,从而控制换能器的移动和定位;计算机通过控制开关量控制卡控制驱动电源的开关来控制激振的启停。

[0042] 如图 6 所示,基于超磁致伸缩材料的隧道地震波探测自持力智能可控激震装置的工作流程如下所示,自动换点滑台放置好后,设置溢流阀的预压紧力大小控制液压泵输出液压力的大小,计算机通过控制开关量控制卡使电磁换向阀左端通电,从而使液压缸中的活塞杆推动自动换点滑台,使滑台固定在掌子面上;计算机通过控制开关量控制卡带动电机转动,通过丝杠螺母机构带动换能器沿导轨移动,移动到准备激振的位置停止;换能器到位后计算机控制驱动电源打开,开始激振,一段时间后,计算机控制驱动电源关闭,激振停止;电机再带动换能器移动到另一个位置,重新激振;当所有激振点激振完成后,电磁换向阀右端得电,自动换点滑台卸载。

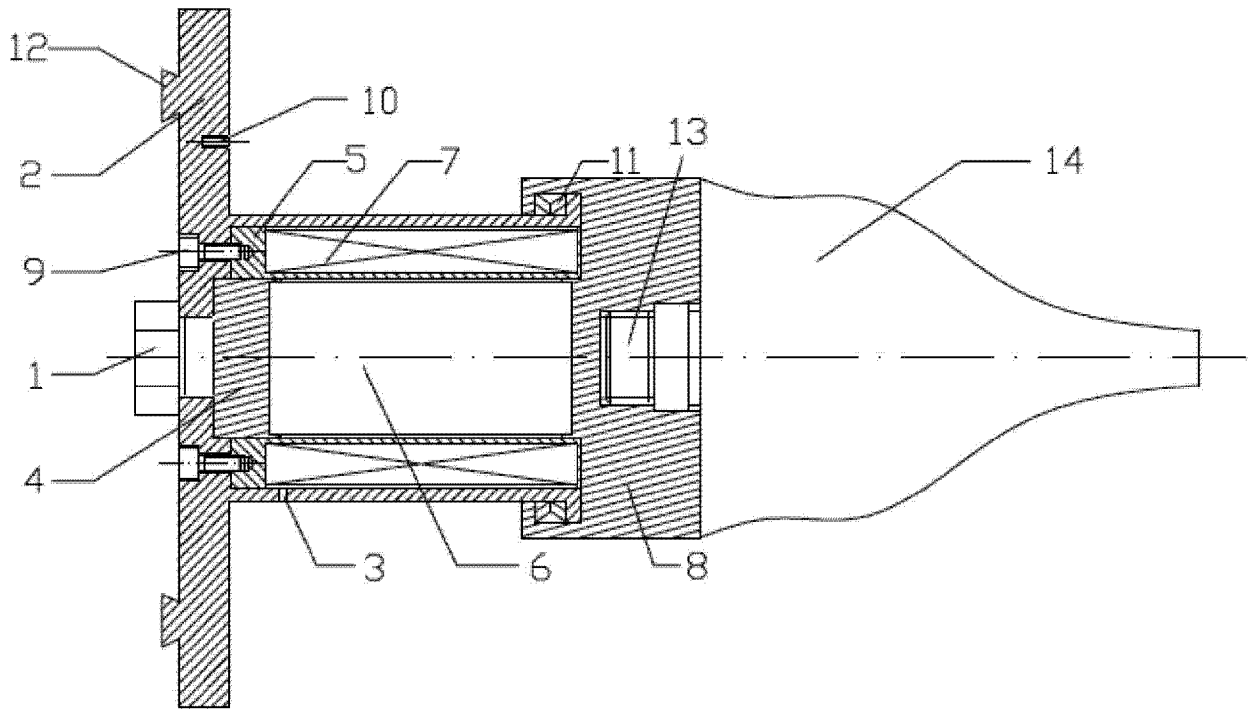


图 1

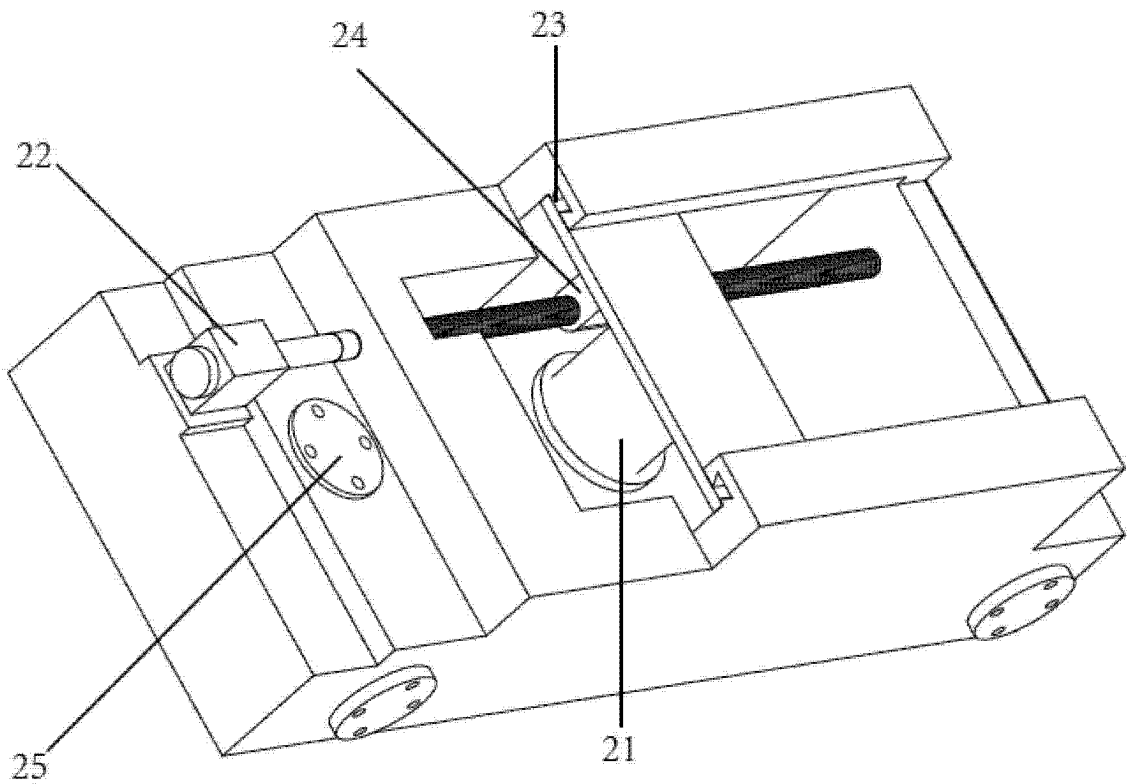


图 2

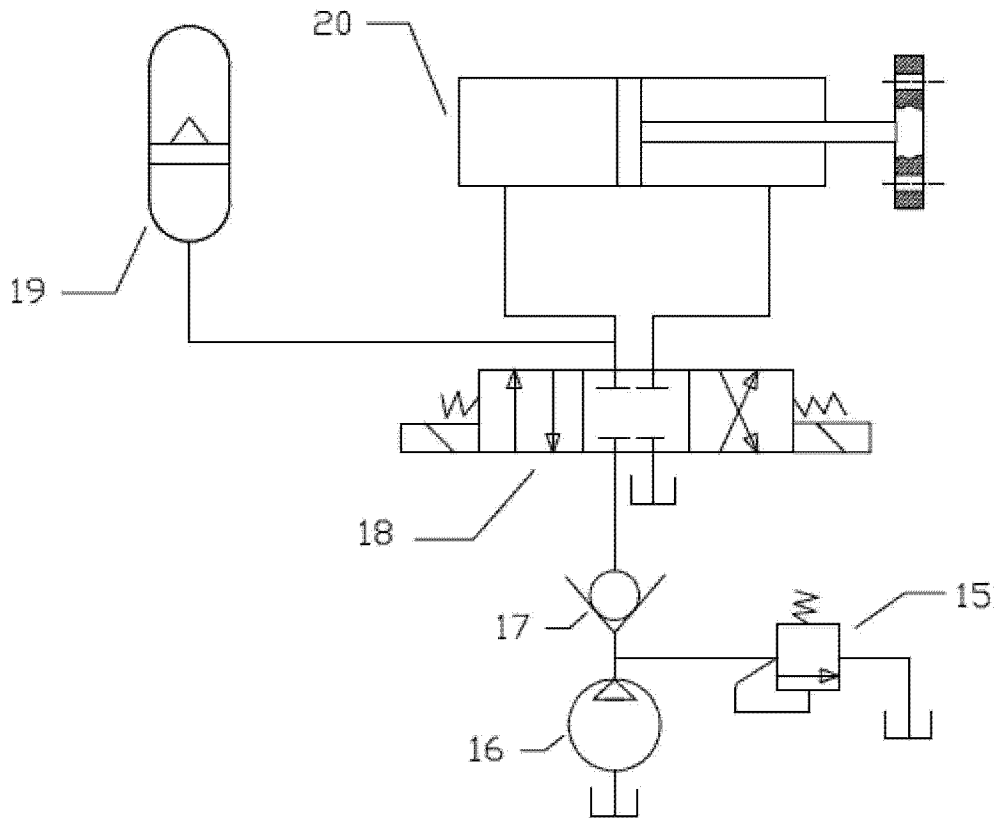


图 3

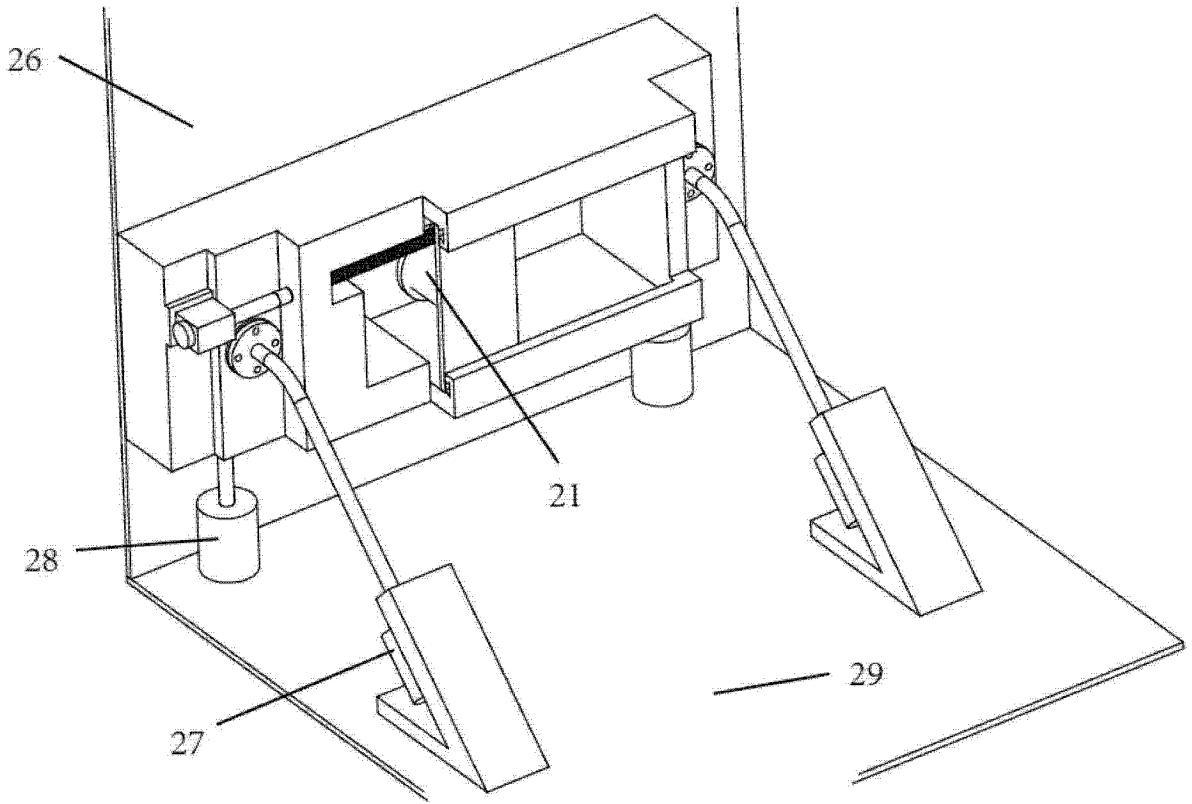


图 4

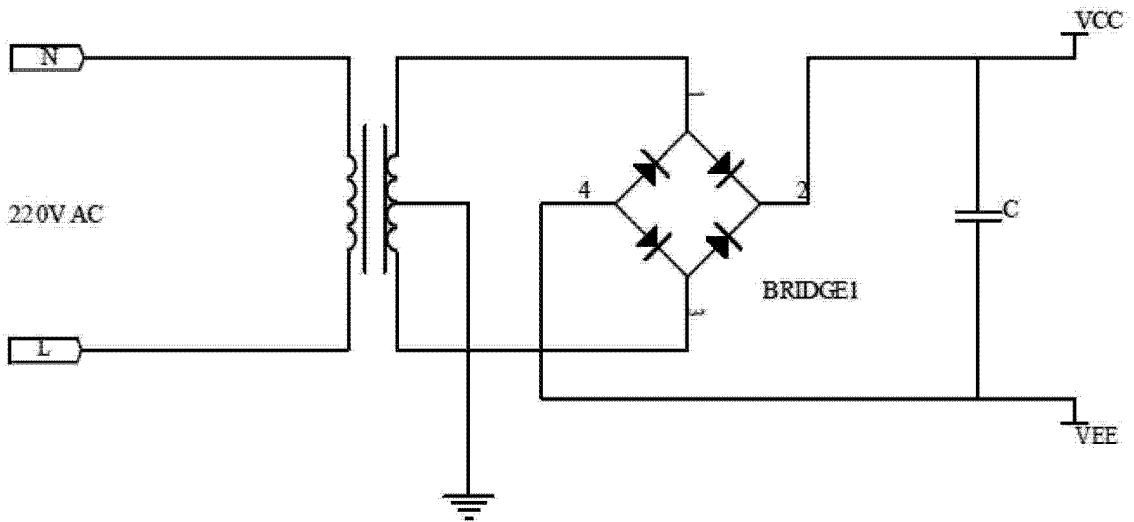


图 5-1

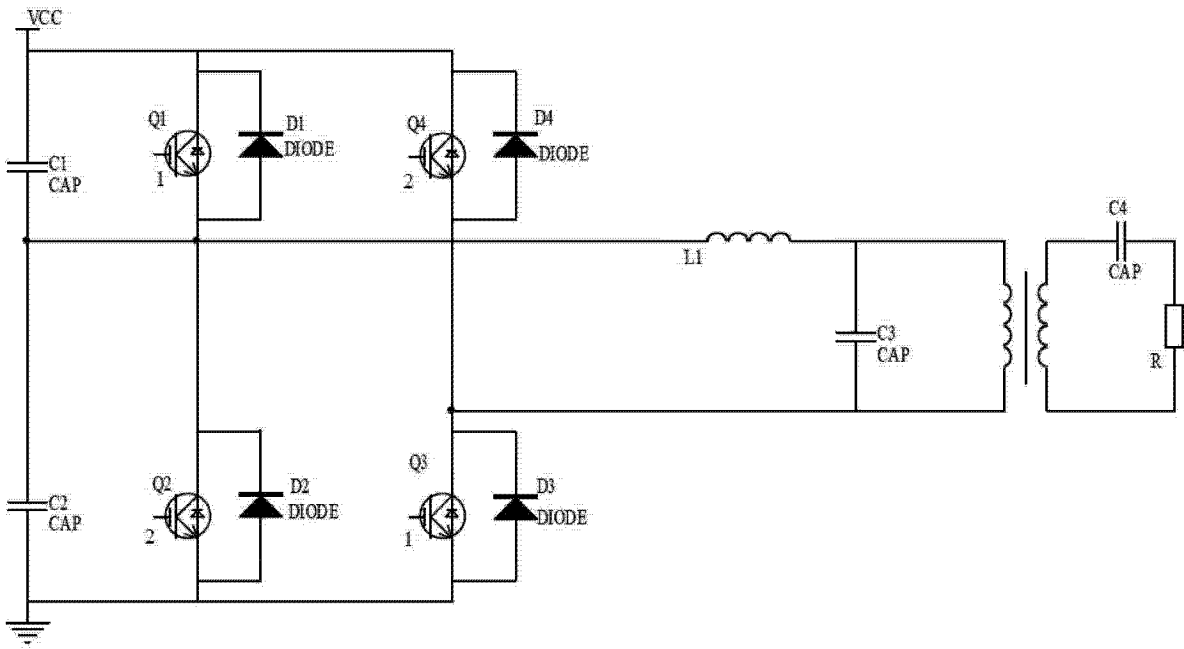


图 5-2

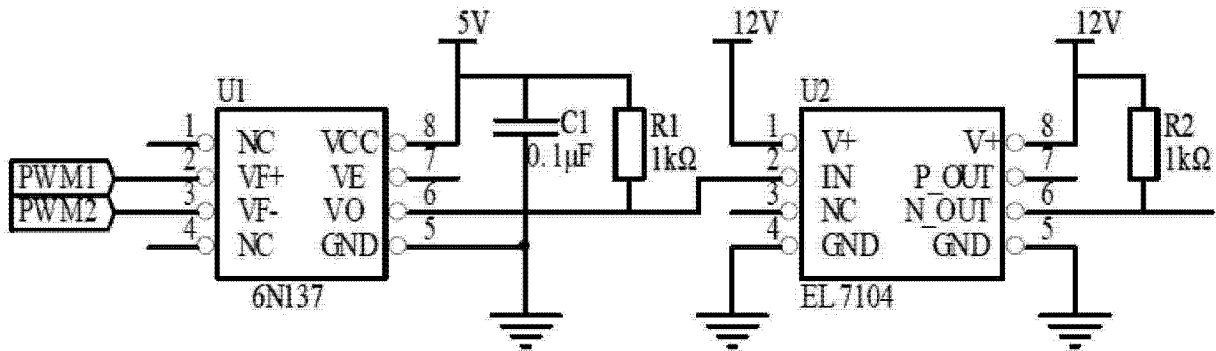


图 5-3

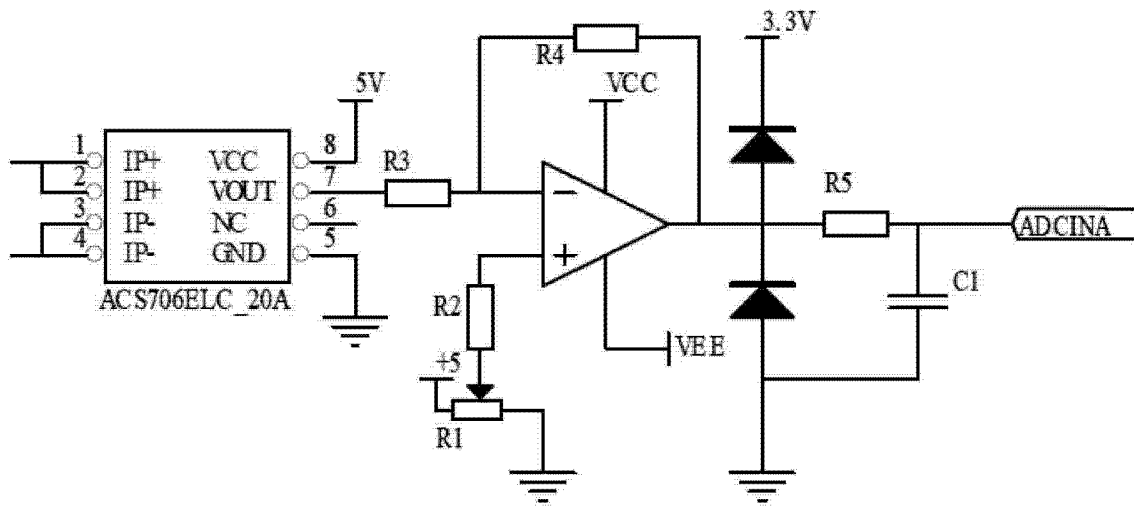


图 5-4

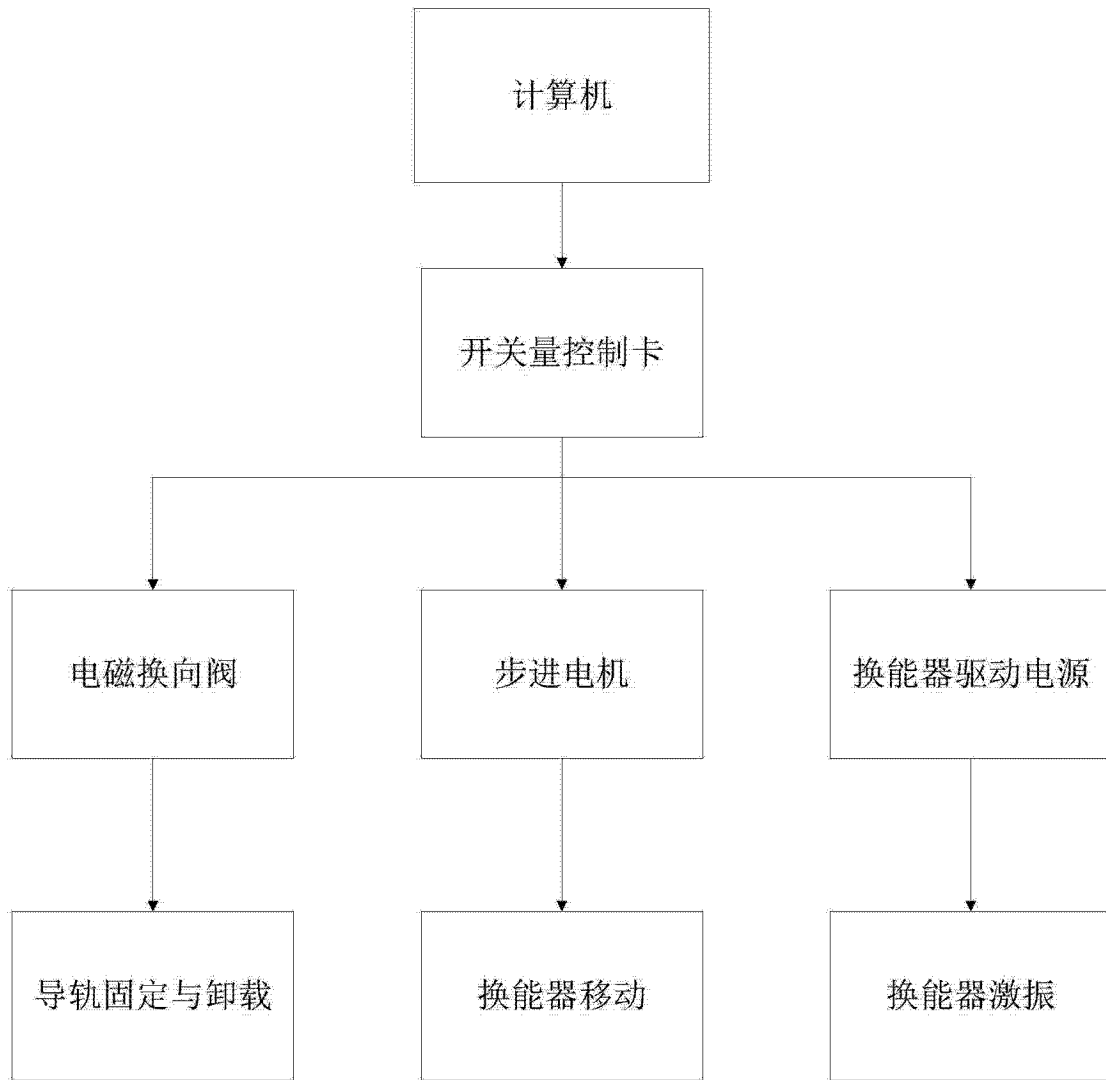


图 6