

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 43/00 (2006.01)

F04B 47/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510085297.7

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100348833C

[22] 申请日 2005.7.26

[21] 申请号 200510085297.7

[73] 专利权人 中国石油化工股份有限公司河南油田分公司石油工程技术研究院

地址 473132 河南省南阳市宛城区

[72] 发明人 余梅卿 查振国 石步乾 冯兴武
王新志

[56] 参考文献

US2002/0197174A1 2002.12.26

CN1563715A 2005.1.12

CN1587708A 2005.3.2

CN2644703Y 2004.9.29

WO84/01002A1 1984.3.15

审查员 李基沛

[74] 专利代理机构 北京市中实友知识产权代理有限公司

代理人 李玉明

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

双作用往复泵直线电机举升装置

[57] 摘要

一种用于石油开采的双作用往复泵直线电机举升装置，它由电缆、双作用往复泵、直线电机、油管等组成，直线电机采用永磁材料制作大推力慢速度圆筒型永磁同步直线电机，它由定子和转子组成，定子的主要部件是线圈，转子的主要部件是永久磁铁。直线电机的动子通过一空心杆与双作用往复泵连接。通过电缆将电能输送到直线电机的定子线圈中，电机定子形成一行波磁场，该磁场与固定在动子上的永久磁铁相互作用，驱动直线电机动子运动，从而带动双作用往复泵往复运动。双作用往复泵的特点是在上、下冲程都排液，这样可以提高泵的排量，降低往复泵的载荷。



1、 一种双作用往复泵直线电机举升装置，它包括双作用往复泵（7）和直线电机（8），其特征在于：双作用往复泵（7）有固定阀（9），固定阀（9）在大泵筒（10）内上部，固定阀（9）为球阀，大泵筒（10）内有大柱塞（12），大柱塞（12）内有游动阀（11），游动阀（11）为球阀，大柱塞（12）在固定阀（9）的下面，游动阀（11）上部形成A腔，大泵筒（10）与小柱塞（14）之间形成B腔，大泵筒（10）外部套有返流管（13），大泵筒（10）与返流管（13）之间形成环形的液体C流道，大泵筒（10）底部有液体进出孔，通过液体进出孔使C流道与B腔连通，大泵筒（10）下部连接有小泵筒（15），小泵筒（15）内有小柱塞（14），小柱塞（14）顶部连接在大柱塞（12）的底部，小柱塞（14）为管形，小柱塞（14）中心有通孔，形成液体D流道，D流道与A腔之间通过游动阀（11）连通，小柱塞（14）下端连接空心杆（17），空心杆（17）下端连接直线电机定子，小泵筒（15）下端连接悬挂短节（16），悬挂短节（16）下端连接直线电机定子。

2、 根据权利要求1所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：双作用往复泵（7）的大柱塞（12）直径为38~57mm，小柱塞（14）直径为28~44mm之间。

3、 根据权利要求1所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：大柱塞（12）横截面积是小柱塞（14）横截面积的1.9~2.15倍。

4、 根据权利要求1所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：空心杆（17）下部连接直线电机（8）定子，直线电机（8）定子包括中心管（20）、永磁铁（21）和固定环（22），永磁铁（21）固定在中心管（20）外

部，永磁铁(21)结构是每组由8片磁瓦组成，每组间加有一个固定环(22)，动子两端有直线轴承(24)，直线电机(8)的定子部分包括管状电机外壳(26)、定子磁铁芯、定子线圈(23)、内衬管(27)，内衬管(27)外部有定子线圈(23)和导磁环(25)，定子线圈(23)、导磁环(25)呈筒状，定子线圈(23)、导磁环(25)外部是电机外壳(26)，密封接头(18)固定电缆(2)并密封电机定子内部。

5 根据权利要求1或2或3或4所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：直线电机(8)与双作用往复泵(7)同轴心对接，直线电机的动子通过空心杆(17)与双作用往复泵的小柱塞(14)相连，电机外壳(26)上部通过悬挂短节(16)与双作用往复泵(7)的小泵筒(15)下端连接。

6、 根据权利要求1或2或3或4所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：当双作用往复泵直线电机举升装置安装于斜井、水平井时，油管管柱上需要安装扶正器(4)、锚定装置(5)。

7、 根据权利要求1或2或3或4所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：在直线电机内设置有位置检测传感器，即霍耳开关，利用动力线载波发射接收装置把霍耳开关检测到的位置信号传到地面，控制地面控制单元，控制电源改变电流方向及大小，从而控制电机定子往复运动，驱动双作用往复泵。

8、 根据权利要求7所述的一种双作用往复泵直线电机举升装置，其特征在于：地面控制单元由动子位置译码器、电压调节器、信号放大器、振荡器、输出缓冲器、动子换向开关组成。

双作用往复泵直线电机举升装置

技术领域

一种用于石油开采的双作用往复泵直线电机举升装置，它属于机械采油，适合于所有类型的油井，尤其适合在定向井、斜直井、水平井、方位角变化大的井等复杂结构油井举升。

背景技术

游梁式有杆抽油系统因结构简单、维护保养容易等优点，一直以来得到石油工业的青睐。有杆抽油因操作简单、排量大等优点，近几十年获得了较大发展，但是由于定向井、水平井、复杂结构井的出现，这些技术已经不能满足需要。对于这些井，游梁式有杆抽油系统因存在偏磨、断脱问题，检泵周期短、材料消耗大，使用成本高问题。电潜离心泵存在效率低、能耗高等问题，也只适应于排量大于 $50\text{m}^3/\text{d}$ 的井，而且不适合在高油气比井中应用。

游梁式有杆抽油系统和电潜离心泵举升系统存在的技术问题，在石油采油界，提出了“往复式直线电机往复泵”（专利公告号 CN 2644703Y）和“电潜式永磁直线往复泵”（专利公开号 CN 1563715A），但现有的直线电机往复泵在结构方面仍存在以下缺点：

①直线电机往复泵只能单向做功，单向举升井液，脉动载荷大，对地面控制电子元件和井下控制单元电子元件冲击大，不利于井下直线电机换向控制；

②直线电机往复泵一个往复冲程中，仅有一个方向产生作用力做功，

另一个方向不做功。在不做功的冲程中，电能被直线电机定子中的线圈用来转换为热能，能量利用率下降；而且直线电机温升快，导致直线电机动子退磁加快，使用寿命缩短；

③由于现有直线电机往复泵的柱塞单向做功，因而往复泵排量小、扬程低，系统低效率低。

发明内容

本发明的目的是提供一种双作用往复泵直线电机举升装置，该装置双作用往复泵的柱塞连接在直线电机的动子之上，当供电电缆为直线电机的定子线圈供电，产生气隙磁场，直线电机动子与气隙磁场相互作用产生电磁推力，直线电机动子沿行波磁场方向作直线运动；电流方向改变，力的方向而相应改变，直线电机动子从而带动双作用往复泵的柱塞双向做功。克服现有直线电机单向做功，脉动载荷大，地面和井下控制单元电子元件冲击大，不利于井下直线电机换向控制的不足；以及克服现有直线电机升温快，往复泵排量小、扬程低，系统低效率低的不足。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：（参阅说明书附图1）

双作用往复泵直线电机举升装置主要由以下几部分组成：双作用往复泵7、直线电机8、井下定位检测单元19、地面控制单元，以及油管3、电缆2等辅助部分组成。锚定器5用来固定双作用往复泵7和油管3，防止双作用往复泵7在上、下冲程中因液柱载荷交变作用力，作用在油管3上，引起油管3、电缆2伸长或缩短，导致电缆2挤压和磨损；扶正器4用来穿过电缆2、并扶正油管3，防止油管3在下井过程中挤压电缆2造成电缆2损伤、短路。

其特征在于：

双作用往复泵 7 有固定阀 9，固定阀 9 在大泵筒 10 内上部，固定阀 9 为球阀。大泵筒 10 内有大柱塞 12。大柱塞 12 内有游动阀 11，游动阀 11 为球阀。大柱塞（12）在固定阀（9）的下面，游动阀 11 上部形成 A 腔。大泵筒 10 与小柱塞 14 之间形成 B 腔。大泵筒 10 外部套有返流管 13，大泵筒 10 与返流管 13 之间形成环形的液体 C 流道。安装时，返流管 13 与油管 3 连接。大泵筒 10 底部有液体进出孔，通过液体进出孔使 C 流道与 B 腔连通。大泵筒 10 下部连接有小泵筒 15，小泵筒 15 内有小柱塞 14。小柱塞 14 顶部连接在大柱塞 12 的底部。小柱塞 14 为管形，中心有通孔，形成液体 D 流道。D 流道与 A 腔之间通过游动阀 11 连通。小柱塞 14 下端连接空心杆 17，空心杆 17 下端连接直线电机定子。小泵筒 15 下端连接悬挂短节 16，悬挂短节 16 下端连接直线电机定子。

双作用往复泵 7 的大柱塞 12 直径可以在 38mm~57mm 之间，小柱塞 14 直径可以在 28mm~44mm 之间。

大柱塞 12 的横截面积是小柱塞 14 的横截面积的 1.9~2.15 倍，比较合适。

双作用往复泵 7 用来举升井下液体。直线电机 8 给双作用往复泵 7 在上、下冲程中均提供举升动力。双作用往复泵 7 在上下冲程都做对液体功，小柱塞 14 在上冲程受压，推动大柱塞 12 向上运动；下冲程受拉，拉动大柱塞 12 向下运动。而常规有杆泵只在上冲程对液体做功，假如常规有杆泵也采用双作用往复泵，因抽油杆失稳，与抽油泵连接的杆柱极易破坏。由于本发明采用直线电机驱动方式，小柱塞 14、空心杆 17 采用中心有通孔，

井液可以通过。小柱塞 14、空心杆 17 的直径相对抽油杆粗而短，抗弯模量大，不会有失稳现象。

直线电机 8 采用钕铁硼永磁材料制作大推力慢速度圆筒型永磁同步直线电机。电机分定子和动子两大部分：

为了实现双作用往复泵的 7 工作方式，驱动双作用往复泵 7 的直线电机 8 也有较大改进。空心杆 17 下部连接直线电机 8 动子。直线电机 8 动子包括中心管 20、永磁铁 21 和固定环 22 组成，永磁铁 21 固定在中心管 20 外部。永磁铁 21 结构是每组由 8 片磁瓦组成，每组间加有一个固定环 22。动子两端有直线轴承 24。直线电机 8 定子部分包括管状电机外壳、定子磁铁芯、定子线圈、内衬管。内衬管 27 外部有定子线圈 23 和导磁环 25，定子线圈 23、导磁环 25 呈筒状。定子线圈 23、导磁环 25 外部是电机外壳 26。密封接头 18 固定电缆 2 并密封电机定子内部，井液不能进入电机定子。

直线电机 8 与双作用往复泵 7 同轴心对接，直线电机的动子通过空心杆 17 与双作用往复泵的小柱塞 14 相连。电机外壳 26 上部通过悬挂短节 16 与双作用往复泵 7 的小泵筒 15 下端连接。当直线电机的动子在定子线圈形成的行波磁场作用下进行往复运动时，驱动双作用往复泵的大柱塞 12、小柱塞 14 往复运动而举升井液。

井下定位检测单元 19：为了检测动子所处的位置并控制动子换向，在直线电机内设置有位置检测传感器，即霍耳开关，检测动子的位置，再利用动力线载波发射接收装置把霍耳开关检测到的位置信号传到地面。控制地面控制单元，控制电源改变电流方向及大小，从而控制电机定子往复运动，并驱动双作用往复泵。

地面控制单元：由动子位置译码器、电压调节器、信号放大器、振荡器、输出缓冲器、动子换向开关等组成（图3）。

本发明与现有直线电机往复泵相比具有如下有益效果：

1、采用本发明双作用往复泵，在往复泵上、下冲程中均举升井液。在上、下冲程做功，电能转换热能少，能量利用率高；而且直线电机升温较慢，直线电机使用寿命长。克服了因往复泵排量小、携热能力低与直线电机单位体积功率发热大之间的矛盾。

2、本双作用往复泵直线电机举升装置获得了意想不到的效果：双作用往复泵上、下冲程中均举升井液，做到均匀举升井液。解决了现有往复泵单向举升井液，举升井液呈脉冲形式，在举升的冲程时，因套管截面狭小，圆柱形空间与电机需要输出的大推力之间的矛盾，降低了举升载荷。

3、本双作用往复泵直线电机举升装置获得了意想不到的效果还有：双作用往复泵上、下冲程中均举升井液。做到均匀地对底层井液进行抽汲，缓解井液油水比下降过快，延长地层排液时间，延长石油开采时间，增加原油产量起到稳定作用。

4、地面控制单元对直线电机、双作用往复泵的运动进行控制，调节灵活，运行维护费用低，工作可靠、寿命长。

附图说明

附图1是双作用往复泵直线电机举升装置结构示意图。表示的是大柱塞12、小柱塞14、空心杆17以及电机动子向上运动冲程，井液流动的情况。箭头所指的方向是井液流动的方向。在向上运动冲程中，固定凡尔9打开，游动凡尔11关闭。

附图 2 为双作用往复泵直线电机举升装置结构示意图。表示的是大柱塞 12、小柱塞 14、空心杆 17 以及电机定子向下运动冲程，井液流动的情况。箭头所指的方向是井液流动的方向。在向下运动冲程中，固定凡尔 9 关闭，游动凡尔 11 打开。

附图 3 为直线电机控制单元原理示意图。

具体实施方式

实施例：参阅附图 1。双作用往复泵直线电机举升装置主要分为双作用往复泵 7、直线电机 8、井下定位检测单元 19、地面控制单元组成。双作用往复泵 7 的大柱塞直径为 40mm，小柱塞直径为 28 mm，大柱塞的横截面积是小柱塞的横截面积的 2 倍左右。

双作用往复泵 7 的结构：固定阀 9 在大泵筒 10 上部，固定阀 9 为球阀，球的直径为 38 mm。大泵筒 10 内有一个大柱塞 12。大柱塞 12 直径为 40mm。大柱塞 12 内有游动阀 11，游动阀 11 为球阀，球的直径 33mm。游动阀 11 上部形成容纳井液的 A 腔。大泵筒 10 与小柱塞 14 之间形成 B 腔。大泵筒 10 外部套有返流管 13，返流管 13 的内径为 68mm。大泵筒 10 与返流管 13 之间形成环形的液体 C 流道。大泵筒 10 底部有 6 个液体进出孔，每个孔的直径为 12mm。通过液体进出孔使 C 流道与 B 腔连通。大泵筒 10 下部连接有小泵筒 15，小泵筒 15 内有小柱塞 14，小柱塞 14 的直径 28mm。大柱塞 12 的面积是小柱塞 14 面积的 2.04 倍。小柱塞 14 顶部连接在大柱塞 12 的底部。小柱塞 14 为管形，小柱塞 14 中心有通孔，孔的直径 18mm。孔形成了液体 D 流道，井液通过 D 流道进入 A 腔。小柱塞 14 下端连接空心杆 17，空心杆 17 下端连接直线电机定子，小泵筒 15 下端连接悬挂短节 16，悬挂短

节 16 下端连接直线电机定子。

直线电机 8 的结构：空心杆 17 下部螺纹接直线电机 8 动子。直线电机 8 动子由中心管 20、永磁铁 21 和固定环 22 组成。永磁铁 21 固定在中心管 20 外部，永磁铁 21 结构是每组由 8 片磁瓦组成，每组间加有一个固定环 22。动子两端有直线轴承 24，直线电机 8 的定子部分由管状电机外壳、定子磁铁芯、定子线圈、内衬管组成。内衬管 27 外部有线圈 23 和导磁环 25。线圈 23、导磁环 25 呈筒状，线圈 23、导磁环 25 外部是电机外壳 26，电机外壳 26 的直径为 110 毫米。密封接头 18 固定电缆 2 并密封电机定子内部，并液不能进入电机定子内部，保护直线电机内部电器安全。

当给直线电机 8 中定子线圈 23 中通有适当电流时，电机定子形成一行波磁场，该磁场与固定在动子上的永久磁铁 21 相互作用，驱动电机动子往复运动。直线电机的动子由一根中心管 20 外表面套永久磁铁 21 及固定环 22 组成。永久磁铁 21 采用性能特别优异的永磁材料，固定环 22 采用阻磁性能良好的黄铜或不导磁的不锈钢，中心管 20 采用导磁性能优良的高碳钢管，这种结构可以大大提高直线电机磁路中磁场强度，从而提高单位电流产生的电磁力。

本发明双作用往复泵直线电机举升装置，吸液、排液过程是通过如下两个步骤实现的：

见附图 1 所示，上冲程，大柱塞 12 连同小柱塞 14、空心杆 17 在直线电机 8 动子的推动下一起向上运动。随着柱塞 12、14 向上运动，A 腔容积减小，A 腔内压力上升，游动阀 11 关闭。当 A 腔内液体压力高于固定阀 9 上部油管内压力时，固定阀 9 自动打开。A 腔内的液体排出，通过固定阀 9

进入固定阀 9 以上的油管内。完成排液过程。随着柱塞 12、14 向上运动，B 腔容积增大，B 腔内压力下降，油管内的液体有一部分通过 C 流道倒流回 B 腔；另外，油管内的液体另一部分被举升到地面。小柱塞 14 向上运动，井液从地层内抽入井筒内，并进入 D 流道。

见附图 2 所示，下冲程，大活塞 12 连同小活塞 14、空心杆 17 在直线电机 8 动子的拉动下一同向下运动。随着大活塞 12、小活塞 14 向下运动，A 腔容积增大，当 A 腔内液体压力低于固定阀 9 上油管内压力时，固定阀 9 自动关闭。柱塞继续向下运动，当 A 腔内压力低于往复泵的沉没压力时，游动阀 11 自动打开。在沉没压力作用，液体从 D 流道进入 A 腔。完成吸液过程。对于 B 腔，随着柱塞向下运动，B 腔容积降低，腔内压力上升，B 腔内液体通过 C 流道向油管内排出液体。B 腔内通过 C 流道向油管内排出的液体被举升到地面。

通过上冲程和下冲程可以看出，上冲程中有油管内的液体另一部分被举升到地面；下冲程中有 B 腔内通过 C 流道向油管内排出的液体被举升到地面。两次冲程均有井液被举升到地面。这就是本发明基本特点所在。

对本发明安装在井下的说明：锚定装置 4 作用是当直线电机 8 带动双作用往复泵 7 工作时，套管 1 与油管 3 之间的液体被举升到油管 3 内，油管 3 内的压力大于套管与油管之间的液体压力。在锚定装置 4 内、外形成压差，推动锚定装置 4 的活塞向外运动，使锚定装置 4 的锚牙紧贴套管 2 内壁，油管 3 在锚定装置 4 的锚牙锚定力作用下不能上、下运动。当井下出现故障或需要起出双作用往复泵 7、直线电机 8 等井下部件时，通过打开连通器 6 将油管 3 与油、套环空连通，使油、套环空与油管 3 内压力平衡，

锚定装置 4 的锚牙在其弹簧弹力作用下收回，管柱就可以顺利起出。

本发明双作用往复泵直线电机举升装置当用于斜井、水平井中，由于电缆 2、油管 3 之间存在挤压问题，油管管柱上需要安装扶正器 4、锚定装置 5，提高电缆安全可靠性能。

驱动装置由地面可控电源和井下八相驱动电路两部分组成，如图 3 所示。地面可控电源由三相可控整流全桥、直线电机动子位置显示器组成；八相驱动电路由动子位置检测元件、动子位置编码电路、桥式驱动电路、动子换向开关等组成。各部分电路具体结构及作用如下：

三相可控整流器：把三相交流电（660VAC）整流成直流电，通过控制三相可控硅整流器的导通角，控制整流后输出的直流电压值（0-1000VDC）。该电压值加一数字显示。

（1）滤波单元：三相可控整流器输出的直流电电压，进入电容滤波单元，把脉动的直流电变的平滑一些。经过滤波单元后，通过两根电线传输到井下供给井下部分使用。

（2）编码控制单元：利用拨动开关和编码电路，把需要的控制信号通过两根电线传输到井下的译码接收电路。

（3）译码显示电路：接收井下编码电路传送来的信号并编译成有用的状态信号显示出来。

（4）井下编译码电路：一方面接收地面传送来的信号并编译成有用的信号给电机控制电路控制电机的运行状态；另一方面把井下位置检测开关的状态发送到地面。

（5）电机控制电路：电机控制电路是一可逆循环控制器，依次发出

驱动信号给电机功率驱动电路的各个触发端，根据位置检测开关送来的信号改变循环方向，根据地面送来的信号改变循环的快慢。

（6） 电机功率驱动电路：电机功率驱动电路是一八相桥式驱动电路，每一相的电路见下图所示，它按照电机驱动电路送来的触发信号，依此通断各桥臂的功率管，由此控制电机各绕组电流的通断及方向。

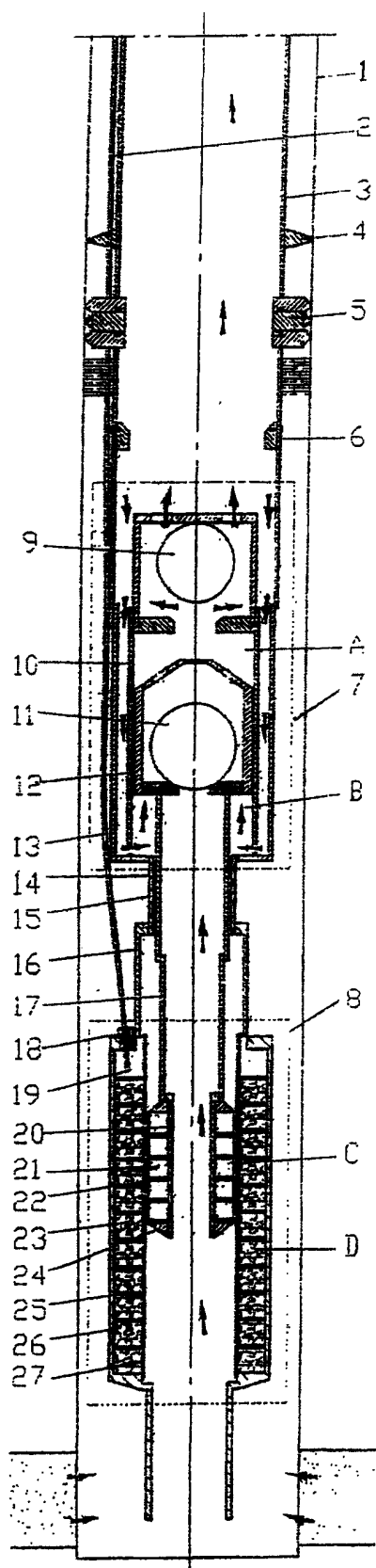


图 1

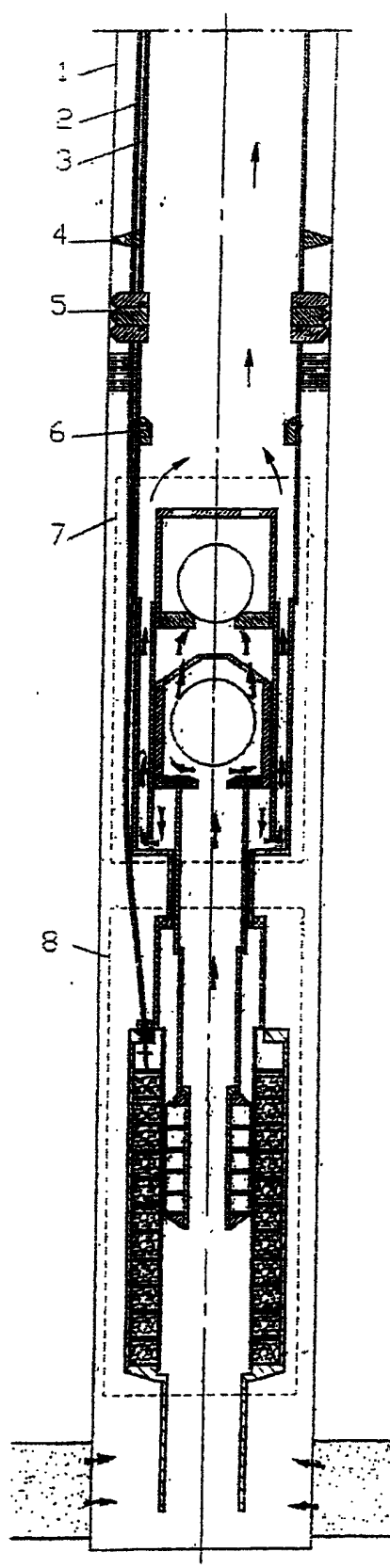


图 2

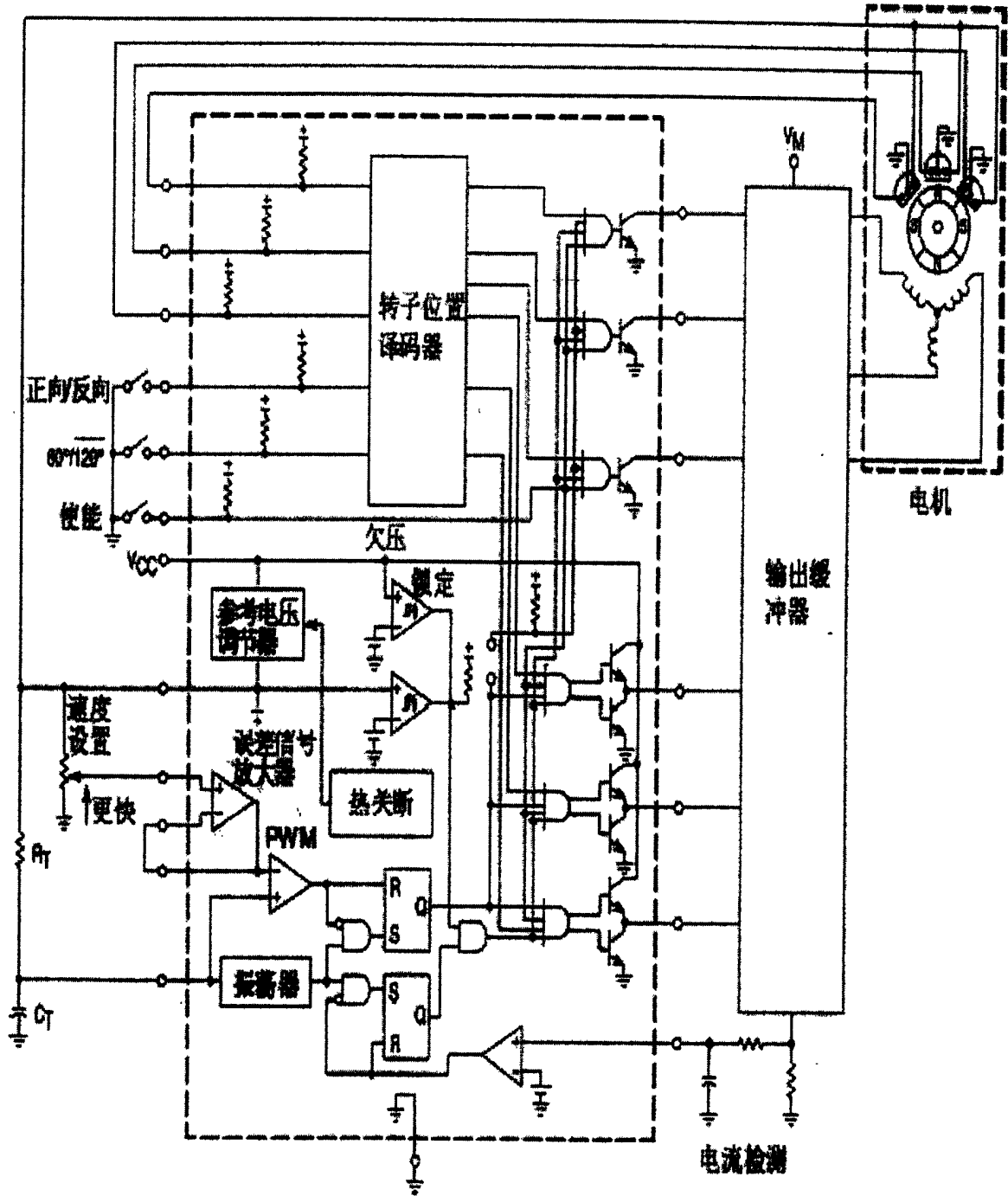


图 3