(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112049177 B
(45)授权公告日 2022.11.08

(21)申请号 202010926610.X

(22)申请日 2020.09.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112049177 A

(43)申请公布日 2020.12.08

(73)专利权人 江苏师范大学
地址 221000 江苏省徐州市铜山区上海路101号

(72)发明人 周连佺 薄晓楠 张楚 瞿炜炜

(51)Int.Cl.
E02F 9/00(2006.01)
E02F 9/08(2006.01)
E02F 9/22(2006.01)

审查员 翟军

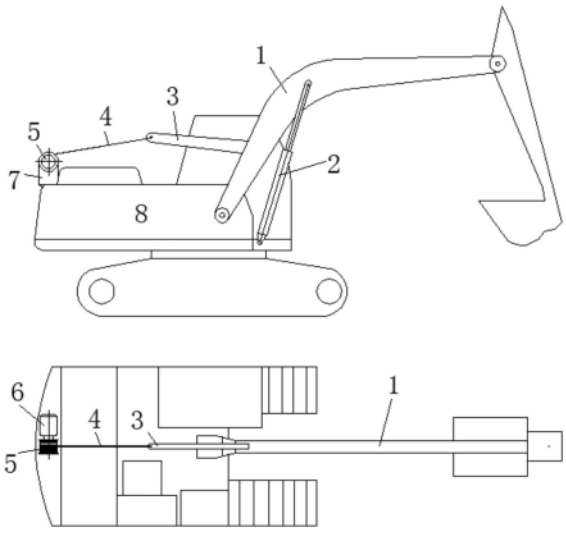
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置

(57)摘要

一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置，包括动臂(1)、动臂液压缸(2)、钢丝绳(4)、滚筒(5)、电机(6)、若干传感器、控制器和电池，滚筒(5)和电机(6)固定于挖掘机上部转台，滚筒(5)中有减速器，电机(6)通过联轴器与减速器相连，钢丝绳(4)的一端缠绕在滚筒(5)上，钢丝绳4的另一端经拉杆3固定在动臂(1)上。电池经过逆变器与电机电连接。本发明的节能装置结构简单、体积小、重量轻、成本低、可靠性高，提高了液压系统的效率，避免了挖掘机液压系统因油液温度升高而导致的发热现象，降低了系统配备的散热器设备的规格，具有明显的节能效果。



CN 112049177 B

1.一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置，其特征在于，包括动臂(1)、动臂液压缸(2)、钢丝绳(4)、滚筒(5)、电机(6)、若干传感器、控制器和电池，滚筒(5)和电机(6)固定于挖掘机上部转台，滚筒(5)中有减速器，电机(6)通过联轴器与减速器相连，钢丝绳(4)的一端缠绕在滚筒(5)上，钢丝绳4的另一端经拉杆3固定在动臂(1)上；

传感器用于测量动臂液压缸(2)的下腔压力、动臂(1)上升和下降时的先导压力；

电池经过逆变器与电机电连接，传感器信号输出与控制器的信号输入端相连，压力传感器安装在液压系统中，位置传感器安装在电机轴上；

控制器根据动臂液压缸(2)的下腔压力、动臂(1)上升和下降时的先导压力控制逆变器和各阀动作，当动臂(1)下降时，钢丝绳(4)拉动滚筒(5)旋转带动电机(6)作为发电机旋转为电池充电，将动臂(1)的势能转化为电能存储在电池中；当动臂(1)举升时，电机(6)作为电动机旋转带动滚筒(5)旋转缠绕收回钢丝绳(4)，钢丝绳(4)向动臂(1)施加辅助拉力，使电池中的电能转化为动臂的势能；

所述传感器包括动臂液压缸下腔压力传感器(33)、上升先导压力传感器(34)和下降先导压力传感器(35)；所述液压系统包括原液压系统部分和节能装置部分；

原液压系统中的比例换向阀(12)一工作油口经动臂锁定阀(15)与动臂液压缸(2)的活塞腔相连，另一工作油口与活塞杆腔相连，上升先导控制阀(18)的出口压力xBmA作为控制信号与比例换向阀(12)阀芯的右控制端相连；下降先导控制阀(19)的出口xBmB与下降信号切换电磁阀(36)进油口相连，下降信号切换电磁阀(36)出口压力作为控制信号xBm1B与比例换向阀(12)阀芯的左控制端相连，下降信号切换电磁阀(36)回油口与油箱相连；

节能装置中的再生电磁阀(32)进出油口分别与动臂液压缸(2)的活塞腔和活塞杆腔相连，卸压电磁阀(31)的进出油口分别与动臂液压缸(2)的活塞杆腔和背压单向阀(30)的进油口相连，背压单向阀(30)的出油口与油箱相连；动臂缸下腔压力传感器(33)、上升先导压力传感器(34)和下降先导压力传感器(35)分别用于测量动臂液压缸(2)下腔压力、动臂(1)上升先导压力和动臂(1)下降先导压力；

控制器发出开关信号使卸压电磁阀(31)、再生电磁阀(32)、下降信号切换电磁(36)的电磁铁得电；

当动臂下降时：

再生电磁阀(32)得电，动臂液压缸(2)活塞腔与活塞杆腔相通，动臂下降时实现流量再生，多余的油液通过卸压电磁阀(31)和背压单向阀(30)流入油箱；因下降信号切换电磁(36)的得电，控制信号xBm1B与油箱相通，比例换向阀(12)不换向，原液压系统不给动臂液压缸(2)供液；

动臂(1)在重力作用下下降并拉动钢丝绳(4)带动滚筒(5)顺时针旋转，经减速器增速后驱动电机(6)转动，此时电机(6)为发电机工况，控制器根据动臂下降先导压力信号和电机的位置信号控制逆变器动作，将发电机输入出的交流电变换成直流电存储在电池中；

当动臂上升时：

动臂液压缸(2)活塞腔进油，活塞杆伸出动臂(1)上升，此时控制器根据动臂液压缸(2)压力信号和电机的位置信号控制逆变器动作，将电池输出的直流电转换为交流电供给电机(6)，此时电机(6)为电动机工况，电机(6)驱动滚筒(5)逆时针旋转动，使钢丝绳(4)缠绕在滚筒(5)上，此时，钢丝绳(4)向动臂(1)施加拉力，使液压系统给动臂液压缸(2)的供油压力

小于原系统工作时的压力。

2.根据权利要求1所述的一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置,其特征在于,还包括拉杆(3),拉杆(3)的一端固定在所述动臂(1)上,拉杆(3)的另一端固定有所述钢丝绳(4)。

3.根据权利要求1所述的一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置,其特征在于,所述挖掘机上部转台尾部还具有支架(7),所述滚筒(5)固定在支架(7)上。

4.根据权利要求1所述的一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置,其特征在于,所述电机(6)是永磁同步电机或交流异步电机。

一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置

技术领域

[0001] 本发明涉及液压传动与控制领域，特别是液压工程机械领域，具体涉及一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置。

背景技术

[0002] 挖掘机是一种建筑工程机械，被广泛应用于水利工程、交通运输、电力工程和矿山采掘等机械施工中，用于减轻繁重的体力劳动，保证工程质量。

[0003] 传统的液压挖掘机中，发动机仅有20％的输出功率转变为挖掘机的有效功率。随着能源匮乏和环境污染的日益加重，能源的有效利用率成为评价挖掘机是否先进的重要标准之一。液压挖掘机工作过程中，动臂升降动作频繁，又由于工作装置质量大，在下降过程中会释放出大量的势能，该能量绝大部分消耗在液压阀节流口并转换为热能。造成了能量浪费和系统发热，降低了液压元件的寿命。

[0004] 能量回收研究是液压挖掘机等工程机械领域的热点问题之一，对挖掘机一个工作循环中各液压执行元件的能量利用状况进行定量计算，结果显示执行元件利用能量约占主泵输出能量的80.6％。对可回收能量的分析结果表明，动臂可回收能量约占主泵输出能量的17.7％。通过以上的分析可知，进行动臂下降势能的回收及再利用，是提高挖掘机效率的关键。

[0005] 对于挖掘机动臂势能的回收，现在大部分采用液压式或液压加电气回收，液压元件和蓄能器成本高，对原系统改动大，限制了该回收方案在实际中的应用。

[0006] 液压挖掘机在工作时，大质量动臂举升时产生的势能在其下降时经液压阀口节流转化为热能耗散，不仅浪费能源导致挖掘机液压系统效率低下，还使得液压油温度升高，为防止油液因过热而导致粘度下降而无法使用，需另加大规格冷却装置降温，增加了液压挖掘机的装机成本和工作功率。为提高液压挖掘机的能量利用率，减轻日益严重的环境问题，本发明提出了一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置，根据各动臂操纵压力信号和动臂液压缸下腔压力值，控制器分析挖掘机当前工况，控制电机的运行状态和电磁阀动作。由于动臂下降时油缸下腔压力小于动臂上升时油缸下腔压力，现在很多液压式能量回收装置采用增压器把动臂下降时油缸下腔压力增压后存储在蓄能器中，等动臂上升时再释放蓄能器中的高压油举升动臂，这种方案中的增压器和液压蓄能器成本高体积大可靠性低。液压加气式能量回收装置采用液压马达把动臂下降时油缸下腔压力转化为机械能再驱动发电机转化为电能存储在电池里，当动臂上升时再用电动机将电池上的电能转化为机械驱动液压泵转化为液压能举升动臂，这种方案中同时用到液压和电气系统成本也高体积大可靠性低。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置，不仅能实现回收动臂下降的势能转化为电机，还可以把电能转化为机械能助为动臂的上升。避免原

液压系统动臂下降时液压能转化为热能引起油温升高的现现象，还节能燃油减少废气排放。

[0008] 为实现上述发明目的，本发明的技术方案具体如下：

[0009] 一种挖掘机动臂势能电动回收及再利用节能装置，包括动臂1、动臂液压缸2、钢丝绳4、滚筒5、电机6、若干传感器、控制器和电池，滚筒5和电机6固定于挖掘机上部转台，滚筒5中有减速器，电机6的通过联轴器与减速器相连，钢丝绳4的一端缠绕在滚筒5上，钢丝绳4的另一端经拉杆3固定在动臂1上；传感器用于测量动臂液压缸2的下腔压力、动臂1上升和下降时的先导压力；电池经逆变器与电机电连接，传感器信号输出端与控制器的信号输入端相连，压力传感器安装在液压系统中，位置传感器安装在电机轴上。

[0010] 控制器根据动臂液压缸2的下腔压力、动臂1上升和下降时的先导压力控制逆变器和各阀动作，当动臂1下降时，钢丝绳4拉动滚筒5旋转带动电机6作为发电机旋转为电池充电，将动臂1的势能转化为电能存储在电池中；当动臂1举升时，电机6作为电动机带动滚筒5旋转缠绕收回钢丝绳4，钢丝绳4向动臂1施加辅助拉力，使电池中的电能转化为动臂的势能。

[0011] 作为优选的技术方案，还包括拉杆3，拉杆3的一端固定在所述动臂1上，拉杆3的另一端固定有所述钢丝绳4。

[0012] 作为优选的技术方案，所述挖掘机上部转台尾部还具有支架7，所述滚筒5固定在支架7上。

[0013] 作为优选的技术方案，所述电机6是永磁同步电机或交流异步电机。

[0014] 作为优选的技术方案，所述传感器包括动臂缸下腔压力传感器33、上升先导压力传感器34和下降先导压力传感器35；所述液压系统包括原液压系统部分和节能装置部分；

[0015] 原液压系统中的比例换向阀12一工作油口经动臂锁定阀15与动臂液压缸2的活塞腔相连，另一工作油口与活塞杆腔相连，上升先导控制阀18的出口压力xBmA作为控制信号与比例换向阀12阀芯的右控制端相连；下降先导控制阀19的出口xBmB与下降信号切换电磁阀36进油口相连，下降信号切换电磁阀36出口压力作为控制信号xBm1B与比例换向阀12阀芯的左控制端相连，下降信号切换电磁阀36回油口与油箱相连；

[0016] 节能装置中的再生电磁阀32进出油口分别与动臂液压缸2的活塞腔和活塞杆腔相连，卸压电磁阀31的进出油口分别与动臂液压缸2的活塞杆腔和背压单向阀30的进油口相连，背压单向阀30的出油口与油箱相连；动臂缸下腔压力传感器33、上升先导压力传感器34和下降先导压力传感器35分别用于测量动臂液压缸2下腔压力、动臂1上升先导压力和动臂1下降先导压力；控制器发出开关信号使卸压电磁阀31、再生电磁阀32、下降信号切换电磁36的电磁铁得电；

[0017] 当动臂下降时：

[0018] 再生电磁阀32得电，动臂液压缸2活塞腔与活塞杆腔相通，动臂下降时实现流量再生，多余的油液通过卸压电磁阀31和背压单向阀30流入油箱；因下降信号切换电磁36的得电，控制信号xBm1B与油箱相通，比例换向阀12不换向，原液压系统不给动臂液压缸2供液；

[0019] 动臂1在重力作用下下降并拉动钢丝绳4带动滚筒5顺时针旋转，经减速器增速后驱动电机6转动，此时电机6为发电机工况，控制器根据动臂下降先导压力信号和电机的位置信号控制逆变器动作，将发电机输入出的交流电变换成直流电存储在电池中；

[0020] 当动臂上升时：

[0021] 动臂液压缸2活塞腔进油，活塞杆伸出动臂1上升，此时控制器根据动臂液压缸2压力信号和电机的位置信号控制逆变器动作，将电池输出的直流电转换为交流电供给电机6，此时电机6为电动机工况，电机6驱动滚筒5逆时针旋转动，使钢丝绳4缠绕在滚筒5上，此时，钢丝绳4向动臂1施加拉力，使液压系统给动臂液压缸2的供油压力小于原系统工作时的压力。

[0022] 与现有技术相比，本发明的有益效果：

[0023] 本发明动臂下降时用电磁阀把油缸上下腔油液连通，实现了流量再生，多余的油液用电磁阀和背压单向阀流回油箱，不需要系统供油。动臂下降过程中，动臂通过钢丝绳经减速器增速后带动发电机旋转，电气控制系统综合分析先导控制压力，运用智能控制方法，控制逆变器调节发电机的转矩和转速，使动臂下降速度与操纵信号相对应，动臂下降性能与原系统操纵性相同，将动臂下降的势能转化为电能存储在电池中。

[0024] 挖掘机动臂举升时，电气控制系统综合分析动臂液压缸下腔压力和电池电压，运用智能控制方法，控制逆变器调节电动机的转矩，经减速器减速后通过钢丝绳拉着动臂上升，把回收的电能转化为动臂的势能，挖掘机液压系统供给动臂液压缸的液压油压力比原来的低很多，减小了发动机的功率和燃油量，达到节能减排的目的。

[0025] 本发明采用纯电动回收和再利用方案与现有挖掘机回收和再利用装置相比，没有液压马达、蓄能器、增压器，因动臂下降一次需要存储的电能不多，动臂上升时马上把回收的电能用掉了，所需电池容量小。由控制系统智能控制电机的转矩实现动臂势能的回收和再利用过程操纵性好。这种方案结构简单、体积小、重量轻、成本低、可靠性高；提高了液压系统的效率，很大程度上避免了因油液温度升高而导致系统发热的现象，降低了系统配备的散热器设备的规格，具有明显的节能效果。

附图说明

[0026] 图1本发明的节能装置机械结构简图；

[0027] 图2本发明的节能装置液压系统原理图；

[0028] 图3本发明的节能装置电气控制系统的硬件组成框图；

[0029] 图1中：1、动臂；2、动臂液压缸；3、拉杆；4、钢丝绳；5、滚筒；6、电机；7、支架；8、上部转台

[0030] 图2中：10、变量泵；11、单向阀；12、比例换向阀13、上腔过载补油阀；3-14、下腔过载补油阀；15、动臂锁定阀；16、液控换向阀；17、辅助泵；18、上升先导控制阀；19、下降先导控制阀；30、背压单向阀；31、卸压电磁阀；32、再生电磁阀；33、动臂缸下腔压力传感器；34、上升先导压力传感器；35、下降先导压力传感器；36、下降信号切换电磁阀。

具体实施方式：

[0031] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0032] 实施例1

[0033] 本发明的节能装置包括机械结构部分和液压系统部分，节能装置的机械结构部分如图1所示，主要包括：1、动臂；2、动臂液压缸；3、拉杆；4、钢丝绳；5、滚筒；6、电机；7、支架。滚筒5中有减速器，电机6和滚筒5中的减速器由联轴器连接在一起，由支架7固定在挖掘机上部转台8尾部，钢丝绳4缠绕在滚筒5上，钢丝绳4的一端与拉杆3相连，拉杆3和挖掘机的动臂1刚性连接；原系统由动臂液压缸2驱动挖掘机的动臂1上升和下降。电机6可以选用永磁同步电机或交流异步电机等。

[0034] 如图2所示，挖掘机的液压系统包括原液压系统部分和节能装置的液压系统部分；

[0035] 原液压系统部分包括：10、变量泵；11、单向阀；12、比例换向阀13、上腔过载补油阀；3-14、下腔过载补油阀；15、动臂锁定阀；16、液控换向阀；17、辅助泵；18、上升先导控制阀；19、下降先导控制阀

[0036] 节能装置部分包括：30、背压单向阀；31、卸压电磁阀；32、再生电磁阀；33、动臂缸下腔压力传感器；34、上升先导压力传感器；35、下降先导压力传感器；36、下降信号切换电磁阀

[0037] 执行元件：2、动臂液压缸。

[0038] 由于本发明只回收液压挖掘机动臂势能，故在图2中没有体现挖掘机的斗杆油缸、铲斗油缸、回转马达、行走马达等液压回路，在图2中除了节能装置阀块外，原液压系统部分和动臂液压缸均是挖掘机原有的元件。

[0039] 原液压系统中的比例换向阀12一工作油口经动臂锁定阀15与动臂液压缸2的活塞腔相连，另一工作油口与活塞杆腔相连，上升先导控制阀18的出口压力xBmA作为控制信号与比例换向阀12阀芯的右控制端相连；下降先导控制阀19的出口xBmB与下降信号切换电磁阀36进油口相连，下降信号切换电磁阀36出口压力作为控制信号xBm1B与比例换向阀12阀芯的左控制端相连，下降信号切换电磁阀36回油口与油箱相连。

[0040] 节能装置中再生电磁阀32进出油口分别与动臂液压缸2的活塞腔和活塞杆腔相连，卸压电磁阀31的进出油口分别与动臂液压缸2的活塞杆腔和背压单向阀30的进油口相连，背压单向阀30的出油口与油箱相连；动臂缸下腔压力传感器33、上升先导压力传感器34和下降先导压力传感器35分别用于测量动臂缸下腔压力、动臂上升先导压力和下降先导压力。

[0041] 电气控制系统的硬件组成如图3所示，电池与逆变器相连，逆变器输出给电机供电，控制器接收动臂缸下腔压力、上升先导压力、下降先导压力传感器信号和电机位置传感器信号，对逆变器、卸压电磁阀、再生电磁阀、下降信号切换电磁阀进行控制。

[0042] 1、当节能装置不切入系统，动臂升降工作原理

[0043] 当节能装置不切入系统工作时，控制器不供电，电池与逆变器断开，钢丝绳4从拉杆上摘下，卸压电磁阀31、再生电磁阀32、下降信号切换电磁36的电磁铁不得电。

[0044] 1.1动臂上升过程

[0045] 扳动操纵手柄使先导控制阀18输出控制信号xBmA进入比例换向阀12阀芯右端，比例换向阀13换向到右位，变量泵10输出的高压油经单向阀11和比例换向阀12进入动臂锁定阀15，顶开动臂锁定阀15阀芯，油液从锁定阀15流出，最后进入动臂液压缸2的活塞腔，动臂液压缸2活塞杆伸出动臂上升；动臂液压缸2的活塞杆腔的油液经比例换向阀12流回油箱。

[0046] 1.2动臂下降过程

[0047] 扳动操纵手柄使先导控制阀19输出控制油xBmB,经过下降信号切换电磁阀36出口的控制信号xBm1B进入比例换向阀12阀芯左端,比例换向阀12换向到左位,变量泵10输出的高压油经单向阀11和比例换向阀12进入动臂液压缸2的活塞杆腔,动臂液压缸活塞杆缩入动臂下降;控制信号xBm1B同时也进入液控换向阀16控制端使之换向,动臂锁定阀15控制端通过液控换向阀16与油箱相通,使得动臂锁定阀15反向导通,动臂液压缸2活塞腔的油液经动臂锁定阀15和比例换向阀13流回油箱。

[0048] 2、当节能装置工作时,动臂升降工作原理

[0049] 当节能装置切入系统工作时,控制器供电,电池与逆变器接通,钢丝绳4与拉杆3连接,控制器发出开关信号使卸压电磁阀31、再生电磁阀32、下降信号切换电磁36的电磁铁得电。

[0050] 2.1动臂下降势能转化为电能存储过程

[0051] 再生电磁阀32得电,动臂液压缸2活塞腔与活塞杆腔相通,动臂下降时实现流量再生,多余的油液通过卸压电磁阀31和背压单向阀30流入油箱。因下降信号切换电磁36的得电,控制信号xBm1B与油箱相通,比例换向阀12不换向,原液压系统不给动臂液压缸2供液。

[0052] 动臂1在其重力作用下下降,拉杆3拉着钢丝绳4带动滚筒5顺时针旋转,经减速器增速后驱动电机6转动,此时电机6为发电机工况,控制器根据动臂下降先导压力信号和电机的位置信号运用智能控制算法控制逆变器,将发电机输入出的交流电变换成直流电存储在电池中,使电机的转速与动臂下降先导压力信号相对应,动臂1下降速度与原系统相同。这样节能装置把动臂1下降的势能转化为了电能,避免了原系统工作时油液节流产生的热能,引起油温升高。

[0053] 2.2动臂上升电能释放再利用过程

[0054] 油路连通情况与节能装置不切入系统动臂上升过程时相同。动臂液压缸2活塞腔进油,活塞杆伸出动臂1上升,此时控制器根据动臂液压缸2压力信号和电机的位置信号运用智能控制算法控制逆变器,将电池输出的直流电转换为交流电供给电机6,此时电机6为电动机工况,电机6带动减速器和滚筒5逆时针旋转动,缠绕收回钢丝绳4,钢丝绳4的拉力通过拉杆3助力动臂1上升,液压系统给动臂液压缸2的供油压力小于原系统工作时的压力,此时挖掘机发动机功率比原系统低,燃油消耗量少,达到了节能减排的目的。动臂上升过程中节能装置将回收的电能转化为了动臂1的势能。

[0055] 综上所述,本发明的节能装置能将挖掘机动臂下降过程中重力势能转化为电能存储到电池中,在挖掘机动臂举升时将电池中存储的电能释放出来,助力动臂上升,避免了原液压系统中动臂下降时油液经比例换向阀产生的节流损失,提高了液压系统的效率。

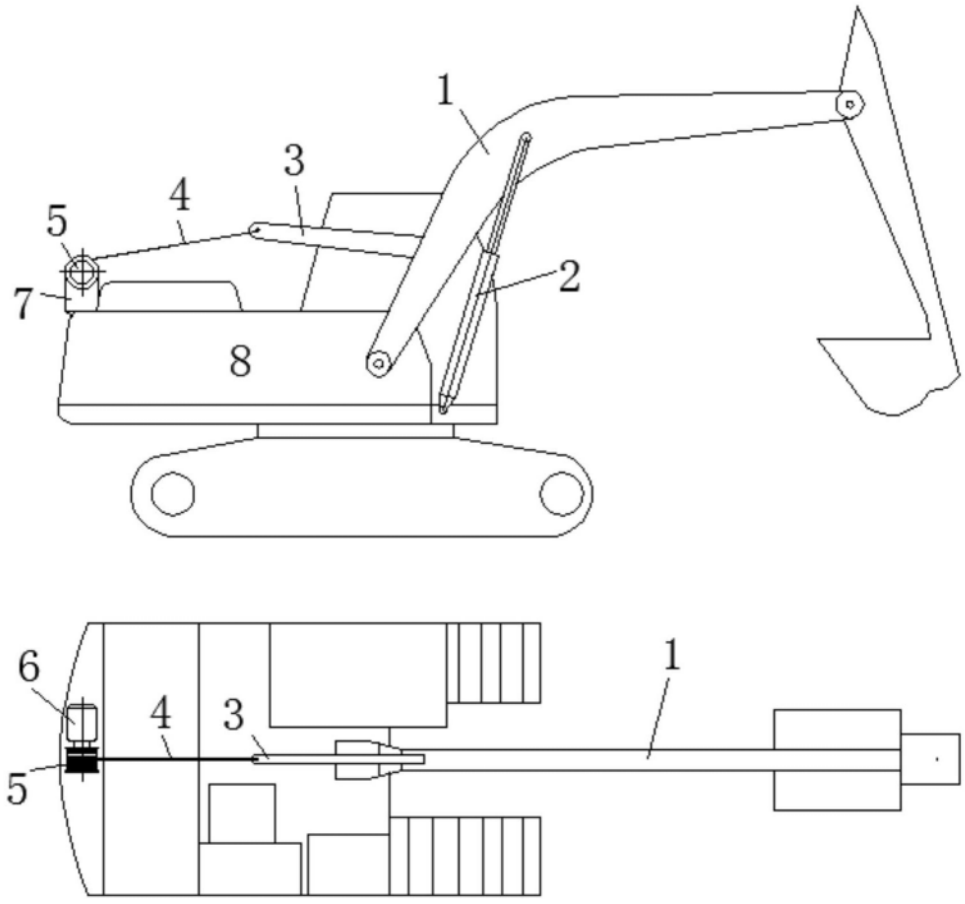


图1

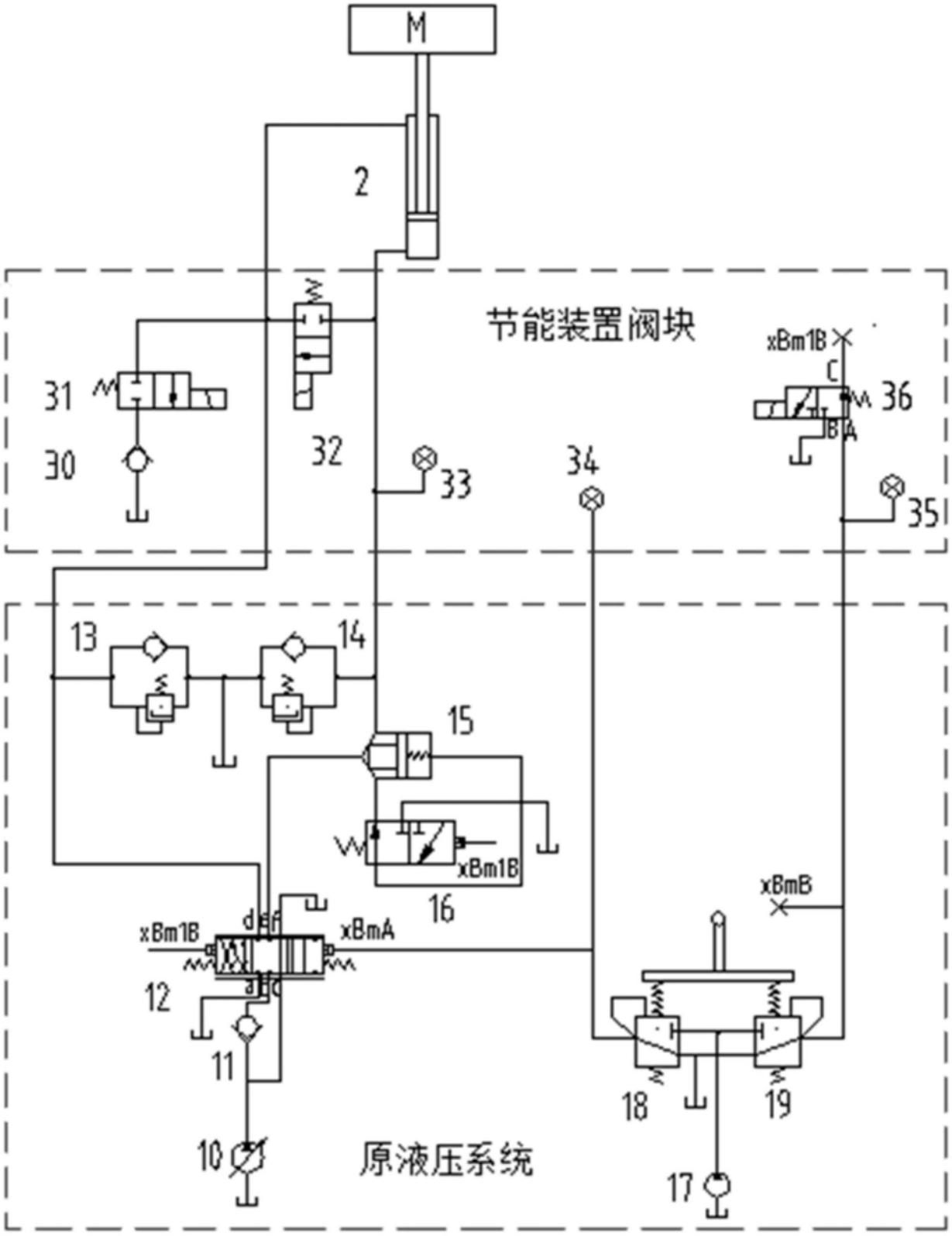

M
2
节能装置阀块
31
30
32
33
34
xBm1B
C
36
B
A
35
13
14
15
xBm1B
16
xBmB
xBm1B
d
e
f
xBmA
12
11
10
原液压系统
18
19
17

图2

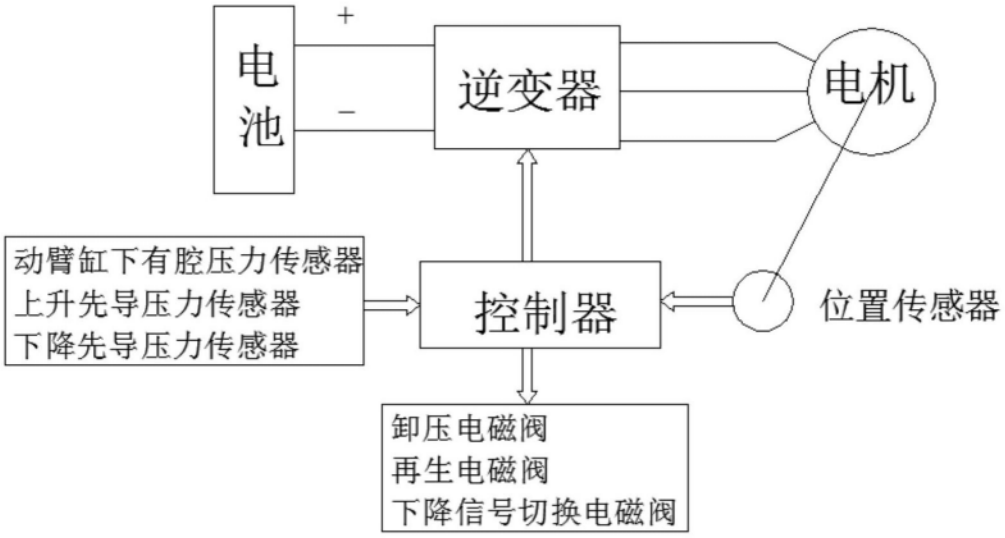

电池
+
−
逆变器
电机
动臂缸下有腔压力传感器
上升先导压力传感器
下降先导压力传感器
控制器
位置传感器
卸压电磁阀
再生电磁阀
下降信号切换电磁阀

图3