(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109092575 A
(43)申请公布日 2018.12.28

(21)申请号 201811094900.1

(22)申请日 2018.09.19

(71)申请人 中国工程物理研究院总体工程研究所
地址 621908 四川省绵阳市绵山路64号

(72)发明人 白俊林 宋琼 舒杨 陈文颖 冉光斌 罗龙

(74)专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理有限公司 11340
代理人 杨春

(51)Int.Cl.
B04B 9/14(2006.01)

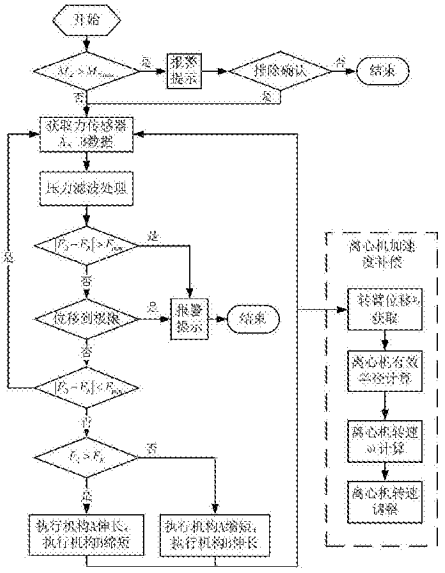
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于回转中心位置调整的离心机配平装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置，包括转臂、转臂支撑、运动导向机构、固定配重和试件，转臂支撑与离心机的转轴固定连接，且转臂支撑通过运动导向机构与转臂固定连接，固定配重和试件分别设置在转臂的两端；一种动态配平方法，包括判断F_A和F_B的值，若$F_A>F_B$，则运动执行机构A伸长，运动执行机构B同步缩短，反之则运动执行机构B伸长，运动执行机构A同步缩短，改变离心机转速，对离心机的试件端进行加速度补偿。本发明的配平装置通过控制转臂在运动导向机构约束下相对转臂支撑运动，完成回转中心调整；采用实时配平方法，当不平衡力随着转速提高而逐步增大时，配平系统也同步调整转臂位置，可在离心机全转速范围内实现动态配平。



CN 109092575 A

1.一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置，其特征在于：包括转臂、转臂支撑、运动导向机构、固定配重和试件，所述转臂支撑与离心机的转轴固定连接，且所述转臂支撑通过所述运动导向机构与所述转臂固定连接，所述转臂水平设置，所述固定配重和所述试件分别设置在所述转臂的两端；

所述转臂上设置有矩形通槽，所述转臂支撑设置在所述矩形通槽内，所述矩形通槽与所述转臂件通过滑轨或圆柱滚子支撑连接，所述转臂可相对所述转臂支撑左右滑动；

所述运动导向机构包括控制器、运动执行机构A、运动执行机构B、力传感器A、力传感器B和位移传感器，所述运动执行机构A和所述运动执行机构B均与所述转臂的轴线重合设置，所述运动执行机构A的第一端与所述转臂支撑的左端面固定连接，所述运动执行机构A的第二端通过所述力传感器A抵靠在所述矩形通槽的左端面，所述运动执行机构B的第一端与所述转臂支撑的右端面固定连接，所述运动执行机构B的第二端通过所述力传感器B抵靠在所述矩形通槽的右端面，所述位移传感器安装于所述转臂支撑，并与所述转臂的轴线平行设置，所述力传感器A和所述力传感器B均与所述控制器的信号端电连接，将力信号输出到所述控制器，所述运动执行机构A和所述运动执行机构B的控制端均与所述控制器的控制端电连接，接收所述控制器的控制信号，所述位移传感器的信号端与所述控制器的信号端电连接，将位移信号反馈到所述控制器。

2.根据权利要求1所述的基于回转中心位置调整的离心机动态配平装置，其特征在于：所述运动执行机构A和所述运动执行机构B为液压杆或丝杠，所述位移传感器为直线绝对式编码器或激光位移传感器。

3.一种基于上述装置的离心机动态配平方法，其特征在于：包括以下步骤，

S1、控制器控制运动执行机构A和运动执行机构B共同推动转臂，使转臂相对转臂支撑运动到初始位置，此时转臂相对转臂支撑相对位移x＝0，将试件安装至转臂上，通过尺寸计算确定此时离心机的初始有效半径r_0；

S2、设定离心机离心试验的目标离心加速度Acc，并启动离心机，使得转臂转速逐渐增加；

S3、控制器读取力传感器A和力传感器B的测量值，并将其进行滤波处理；

S4、控制器对力传感器A检测的作用力F_A和力传感器B检测的作用力F_B进行对比：

若$F_A>F_B$，则运动执行机构A伸长，运动执行机构B同步缩短，反之则运动执行机构B伸长，运动执行机构A同步缩短，并通过位移传感器获取转臂相对转臂支撑的位移距离x，转臂向试件端移动x＞0，反之x＜0；

S5、计算离心机新的有效半径r_r，新的目标转速ω'，计算式如下：

$r_r=r_0+x$

$$\omega'=\sqrt{Acc/r_r}$$

S6、控制器根据新的目标转速ω'自动调节离心机的转速；

S7、重复步骤S3-S6，使离心机达到平衡状态。

4.根据权利要求3所述的离心机动态配平方法，其特征在于：还包括安全检测，包括以下步骤：

A1、获取最大可配平质量M_{Zmax}，根据离心机结构重量计算允许的最大试件质量，即最大

可配平质量M_{Zmax}，计算式如下：

$$M_{Zmax}=\frac{M_A+\frac{3}{2}M_B}{r_Z}x_{max}$$

式中：M_A为转臂在配重端质量，包括转臂和固定配重；

M_B为转臂在试件端质量；

r_Z为试件的质心距回转中心距离；

A2、通过称量或者计算得到试件实际质量M_Z，判断试件质量M_Z与最大可配平质量M_{Zmax}的大小，若M_Z大于M_{Zmax}，系统给出报警提示，等待操作人员检查或用传统吊装固定配重方式配平；

A3、根据离心机结构分析计算获取转臂支撑和转臂能够承受试件端和配重端之间的压力差阈值上限F_{max}、压力差阈值下限F_{min}；

若$|F_A-F_B|>F_{max}$，系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查；

若$|F_A-F_B|<F_{min}$，系统不动作，压力差的影响可忽略；

若$F_{min}<|F_A-F_B|<F_{max}$，系统执行步骤S4；

A4、由转臂支撑和矩形通槽尺寸，可知转臂相对于转臂支撑的最大允许位移距离x_{max}，实时比较转臂相对转臂支撑的实际位移距离x和最大允许位移x_{max}的大小，若$|x|>x_{max}$，则系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查。

基于回转中心位置调整的离心机配平装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及离心机，尤其涉及一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置及方法。

背景技术

[0002] 科学试验用离心机是利用转动部件绕着转轴旋转来提供过载环境的设备；为保证离心机稳定运行需要转动部件质心与回转中心重合，转动部件质心受离心机试件的影响，因此每次试验需要根据试件情况对转动部件进行调整，这个调整过程叫做离心机的配平，离心机配平是保证离心机运行稳定、安全、长寿命运行的基础，不平衡力过大可能会导致重大事故。

[0003] 目前，离心机都设置有配平结构，即在试件另外一侧设置配重装置，根据精度和自动化程度的不同，有的为固定配重结构，有的为可移动配重。固定配重通过不同配重快的组合改变配重端重量来实现配平；可移动配重是通过在离心机径向移动配重块改变配重端质心方式来实现配平。

[0004] 上述固定配重的配平方式需要离心机静止时才能人工操作安装配重块，配重块组合的重量不连续，无法按需配平，无法实现动态配平，人工操作繁琐，配平精度不高；

[0005] 上述可移动配重配平方式在大范围配平中，为保证足够的配平范围，需要加大配重块的重量和移动范围，所需驱动力随着离心力的增加而增大，这对配重块移动结构和驱动力要求较高，很难实现配重块在离心场下的驱动，因此该方法更适用于离心机静止和低转速状态下的静态配平。小范围动态配平中，为实现在离心场下的动态配平，因此系统配平范围小；在小范围动态配平中，由于离心力作用在配重块上，并且受驱动能力的制约，只能通过在小范围内移动小配重块的方式，因此动态配平范围很小。由于配平范围与配平所需驱动力相互制约，该配平方法只适用于大范围静态配平或小范围动态配平。

发明内容

[0006] 本发明的目的就在于为了解决上述问题而提供一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置及方法。

[0007] 本发明通过以下技术方案来实现上述目的：

[0008] 一种基于回转中心位置调整的离心机动态配平装置，包括转臂、转臂支撑、运动导向机构、固定配重和试件，所述转臂支撑与离心机的转轴固定连接，且所述转臂支撑通过所述运动导向机构与所述转臂固定连接，所述转臂水平设置，所述固定配重和所述试件分别设置在所述转臂的两端；

[0009] 所述转臂上设置有矩形通槽，所述转臂支撑设置在所述矩形通槽内，所述矩形通槽与所述转臂件通过滑轨或圆柱滚子支撑连接，所述转臂可相对所述转臂支撑左右滑动；

[0010] 所述运动导向机构包括控制器、运动执行机构A、运动执行机构B、力传感器A、力传感器B和位移传感器，所述运动执行机构A和所述运动执行机构B均与所述转臂的轴线重合

设置，所述运动执行机构A的第一端与所述转臂支撑的左端面固定连接，所述运动执行机构A的第二端通过所述力传感器A抵靠在所述矩形通槽的左端面，所述运动执行机构B的第一端与所述转臂支撑的右端面固定连接，所述运动执行机构B的第二端通过所述力传感器B抵靠在所述矩形通槽的右端面，所述位移传感器安装于所述转臂支撑，并与所述转臂的轴线平行设置，所述力传感器A和所述力传感器B均与所述控制器的信号端电连接，将力信号输出到所述控制器，所述运动执行机构A和所述运动执行机构B的控制端均与所述控制器的控制端电连接，接收所述控制器的控制信号，所述位移传感器的信号端与所述控制器的信号端电连接，将位移信号反馈到所述控制器。

[0011] 优选地，所述运动执行机构A和所述运动执行机构B为液压杆或丝杠，所述位移传感器为直线绝对式编码器或激光位移传感器。

[0012] 一种基于上述装置的离心机动态配平方法，包括以下步骤，

[0013] S1、控制器控制运动执行机构A和运动执行机构B共同推动转臂，使转臂相对转臂支撑运动到初始位置，此时转臂相对转臂支撑相对位移x＝0，将试件安装至转臂上，通过尺寸计算确定此时离心机的初始有效半径r_0；

[0014] S2、设定离心机离心试验的目标离心加速度Acc，并启动离心机，使得转臂转速逐渐增加；

[0015] S3、控制器读取力传感器A和力传感器B的测量值，并将其进行滤波处理；

[0016] S4、控制器对力传感器A检测的作用力F_A和力传感器B检测的作用力F_B进行对比：

[0017] 若F_A＞F_B，则运动执行机构A伸长，运动执行机构B同步缩短，反之则运动执行机构B伸长，运动执行机构A同步缩短，并通过位移传感器获取转臂相对转臂支撑的位移距离x，转臂向试件端移动x＞0，反之x＜0；

[0018] S5、计算离心机新的有效半径r_r，新的目标转速ω’，计算式如下：

[0019] $r_r＝r_0+x$

[0020] $$\omega'=\sqrt{Acc/r_r}$$

[0021] S6、控制器根据新的目标转速ω’自动调节离心机的转速；

[0022] S7、重复步骤S3-S6，使离心机达到平衡状态。

[0023] 进一步，所述配平方法还包括安全检测，包括以下步骤：

[0024] A1、获取最大可配平质量M_{Zmax}，根据离心机结构重量计算允许的最大试件质量，即最大可配平质量M_{Zmax}，计算式如下：

[0025] $$M_{Zmax}=\frac{M_A+\frac{3}{2}M_B}{r_Z}x_{max}$$

[0026] 式中：M_A为转臂在配重端质量，包括转臂和固定配重；

[0027] M_B为转臂在试件端质量；

[0028] r_Z为试件的质心距回转中心距离；

[0029] A2、通过称量或者计算得到试件实际质量M_Z，判断试件质量M_Z与最大可配平质量M_{Zmax}的大小，若M_Z大于M_{Zmax}，系统给出报警提示，等待操作人员检查或用传统吊装固定配重方式配平；

[0030] A3、根据离心机结构分析计算获取转臂支撑和转臂能够承受试件端和配重端之间

的压力差阈值上限F_{max}、压力差阈值下限F_{min}；

[0031] 若$|F_A-F_B|>F_{max}$，系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查；

[0032] 若$|F_A-F_B|<F_{min}$，系统不动作，压力差的影响可忽略；

[0033] 若$F_{min}<|F_A-F_B|<F_{max}$，系统执行步骤S4；

[0034] A4、由转臂支撑和矩形通槽尺寸，可知转臂相对于转臂支撑的最大允许位移距离x_{max}，实时比较转臂相对转臂支撑的实际位移距离x和最大允许位移x_{max}的大小，若$|x|>x_{max}$，则系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查。

[0035] 本发明的有益效果在于：

[0036] 本发明一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置，通过控制转臂在运动导向机构约束下相对转臂支撑沿半径方向运动，完成转臂回转中心的移动调整，实现转臂配重端与试件端重量的再分配；以及采用实时配平方法，当不平衡力随着转速提高而逐步增大时，配平系统也同步调整转臂位置，使得不平衡力始终控制在较小范围，移动转臂所需驱动力不受转速的影响，可在离心机全转速范围内实现动态配平。

附图说明

[0037] 图1是本发明所述的一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置的结构示意图；

[0038] 图2是本发明所述的一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置的俯视图；

[0039] 图3是本发明所述的一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置的信号传递流程图；

[0040] 图4是本发明所述的一种基于回转中心位置调整的离心机动态配平方法的控制逻辑图。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0042] 如图1和图2所示，本发明一种基于回转中心位置调整的离心机配平装置，包括转臂2、转臂支撑4、运动导向机构、固定配重5和试件6，离心机转臂安装在基座1上，转臂支撑4与离心机转轴3固定连接，且转臂支撑4通过运动导向机构与转臂2固定连接，转臂2水平设置，固定配重5和试件6分别设置在转臂2的两端，转臂2上设置有矩形通槽，转臂支撑4设置在矩形通槽内，矩形通槽与转臂2通过滑轨或圆柱滚子支撑连接，转臂2可相对转臂支撑4左右滑动；

[0043] 运动导向机构包括控制器、运动执行机构A 8、运动执行机构B 10、力传感器A 9、力传感器B 7和位移传感器11，运动执行机构A 8和运动执行机构B 10均与转臂2的轴线重合设置，运动执行机构A 8的第一端与转臂支撑4的左端面固定连接，运动执行机构A 8的第二端通过力传感器A 9抵靠在矩形通槽的左端面，运动执行机构B 10的第一端与转臂支撑4的右端面固定连接，运动执行机构B 10的第二端通过力传感器B 7抵靠在矩形通槽的右端面，位移传感器11安装于转臂支撑4，并与转臂2的轴线平行设置，力传感器A 9和力传感器B 7的信号端均与控制器的信号端电连接，运动执行机构A 8和运动执行机构B 10的控制端均与控制器的控制端电连接，位移传感器11的信号端与控制器的信号端电连接，将位移信号

反馈到控制器，运动执行机构A 8和运动执行机构B 10为液压杆或丝杠，位移传感器11为直线绝对式编码器或激光位移传感器。

[0044] 转臂支撑4与转轴3固定，是安装运动导向机构以及运动执行机构固定端的平台，并传递扭矩到转臂2，转臂2用于提供有效半径和拉力，整体作为一个可移动的配重结构，转臂2与转臂支撑4之间通过滑轨和圆柱滚子连接，在运动方向上的摩擦力非常微小，可忽略不计。

[0045] 力传感器A 9和力传感器B 7分别顶在转臂2与运动执行机构之间，分别测量转臂2对运动执行机构(转臂支撑4)的压力，离心机转动时，由于离心力的作用，如果转臂2不平衡，试件6端离心力与配重端离心力大小会不同。两个方向相反，大小不同的离心力无法完全抵消，因此力传感器A 9和力传感器B7会测出两个不同值。

[0046] 控制器主要由控制计算机在离心机运行过程中实时接收来自两个力传感器的力，通过计算和逻辑判断不断生成运动控制指令，发送给运行执行机构A和运动执行机构B 10，并从位移传感器11获取转臂2位移，计算加速度补偿后的离心机转速，并将补偿后的转速发送给离心机控制系统以执行补偿动作，系统信号传输流如图3所示，其信号传输流程为常见的技术，不需要对其做进一步说明。

[0047] 执行机构的个数及每个行程根据离心机系统不平衡力大小进行设计，多个执行机构需有相同的行程，控制时采用同步运动，保证转臂2平稳运动。

[0048] 如图3和图4所示的一种配平的方法，其包括以下步骤，

[0049] 该方法中的参数物理意义为：

[0050] M_A为转臂的配重端质量，r_A为转臂的配重端质心距回转中心距离，M_B为转臂的试件端质量，r_B为转臂的试件端质心距回转中心距离，ω为离心机转速，M_Z为试件质量，r_Z为试件的质心距回转中心距离，α为试件端试件质量大小与整个转动部件总质量的比值，x_{max}为转臂相对转臂支撑的最大位移距离；F_{max}和F_{min}分别为设定的力传感器检测到的压力差的阈值上限和阈值下限，Acc为离心机离心试验的目标离心加速度，r_0为离心机的初始有效半径，通常定义$r_0=r_B$；

[0051] 在进行配平之前，需要离心机运行前做实验准备，确保通过以下方法能够完成试件的配平，其准备步骤包括：

[0052] 1、设定试件的最大质量，即最大可配平质量M_{Zmax}，计算式如下：

[0053] $$M_{Z\max}=\frac{M_A+\frac{3}{2}M_B}{r_Z}x_{\max}$$

[0054] 2、通过称量或者计算得到试件实际质量M_Z，判断试件质量与最大可配平质量的大小，若M_Z大于M_{Zmax}，系统给出报警提示，等待操作人员检查或用传统吊装固定配重方式配平，报警排除确认后或M_Z小于M_{Zmax}，继续下一步，否则结束；

[0055] 3、控制器控制运动执行机构A和运动执行机构B共同推动转臂，使转臂运动到初始位置，此时转臂相对转臂支撑相对位移x=0，将试件安装至转臂上，通过尺寸计算确定此时离心机的初始有效半径r_0；

[0056] 准备完成后，可启动离心机，配平系统同时进行配平操作。

[0057] 4、设定离心机离心试验的目标离心加速度Acc，并启动离心机，使得转臂转速逐渐

增加；

[0058] 5、控制器读取力传感器A和力传感器B的测量值，并将其进行滤波处理，两个力传感器的测量值之差即为不平衡力，$F=F_A-F_B$，且有

[0059] $F=M_Ar_A\omega^2-(M_Br_B\omega^2+M_Zr_Z\omega^2)$

[0060] $=(M_Ar_A-M_Br_B+M_Zr_Z)\omega^2$

[0061] $=M_Zr_Z\omega^2$

[0062] 安装试件后的离心机，两端离心力无法完全平衡，并且不平衡力F会随加速度增大而增大，若不进行配平，会对系统运行稳定性、寿命乃至安全造成影响。本配平方法，通过控制运动执行机构推动转臂移动，使转臂运动，从而到达新的平衡点，具体逻辑如下：

[0063] 若$|F_A-F_B|>F_{max}$，系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查；

[0064] 若$|F_A-F_B|<F_{min}$时，测得的两个力基本相等，离心机转臂两端是基本平衡的，系统不需做动作，同时也可避免压力测量误差的影响。

[0065] 若$F_{min}<|F_A-F_B|<F_{max}$，则判断$F_A$和$F_B$的值，若$F_A>F_B$，则运动执行机构A同步伸长，运动执行机构B同步缩短，反之则运动执行机构B同步伸长，运动执行机构A同步缩短，并通过位移传感器获取转臂支撑的位移距离为x；

[0066] 6、由转臂支撑和矩形通槽尺寸，可知转臂相对于转臂支撑的最大允许位移距离x_{max}，实时比较转臂相对转臂支撑的实际位移距离x和最大允许位移x_{max}的大小，若$|x|>x_{max}$，则系统给出警示消息并停止动作，等待离心机停机检查，

[0067] 同时在控制器内对x的值进行验算，提升安全性能，为便于计算，假设转臂回转中心左右两段质量均匀分布；

[0068] 可得：

[0069] $$\begin{cases} M_A(r_A-x)\omega^2-\dfrac{x}{r_B}M_B\dfrac{x}{2}\omega^2=\left(M_B+\dfrac{x}{r_B}M_B\right)\left(r_B+\dfrac{x}{2}\right)\omega^2+M_Zr_Z\omega^2 \\ M_Ar_A=M_Br_B \end{cases}$$

[0070] 简化方程组可得：

[0071] $$M_Ax+\frac{3}{2}M_Bx=-M_Zr_Z$$

[0072] 得：

[0073] $$x=-\frac{M_Zr_Z}{M_A+\frac{3}{2}M_B}=-\alpha r_Z$$

[0074] $$\alpha=\frac{M_Z}{M_A+\frac{3}{2}M_B}$$；

[0075] 通常α小于5％，远小于传统移动配重配平的质量比，因此通过小范围移动转臂实现较大范围的配平，如果计算后的x值与测量的x值相近，则证明系统能够进行准确的自检，保证运行稳定性。

[0076] 7、计算离心机新的有效半径r_r，新的目标转速ω'，计算式如下：

[0077] $r_r=r_0+x$

[0078] $\omega' = \sqrt{Acc / r_r}$；

[0079] 8、控制器改变离心机转速，对离心机的试件端进行加速度补偿，重复循环闭环调节直至最终使得离心机实现动态平衡，离心机系统在转速ω'升高过程中，随着不平衡力F增大到达阈值范围内，系统即可随时自动配平，始终将不平衡力有效控制在一定范围，降低所需运动执行机构的驱动力，实现动态配平。

[0080] 上述方法具备的优点为：

[0081] 转臂在运动导向机构约束下相对转臂支撑沿半径方向运动，完成转臂回转中心的移动调整，实现转臂配重端与试件端重量的再分配，由于移动部分(转臂)重量远大于试件质量，因此通过转臂小范围运动实现较大质量范围的配平。

[0082] 力传感器串联安装于运动执行机构与转臂之间，使得多个力传感器测量转臂对转臂支撑水平方向压力，通过配重端与试件端的力做差，实现离心机转动过程中不平衡力直接测量与计算，方法简单易行，并且不平衡力测量精度高。

[0083] 执行机构始终在回转中心附近工作，因此执行机构推力基本不受离心力干扰，提高系统的稳定性同时实现大范围的配平。

[0084] 采用实时配平方式，控制器和运动执行机构与离心机同时工作，当不平衡力随着转速提高而逐步增大时，配平系统也同步调整转臂位置，使得不平衡力始终控制在较小范围，系统移动转臂所需驱动力小，可在离心机全转速范围内实现动态配平。

[0085] 本发明的技术方案不限于上述具体实施例的限制，凡是根据本发明的技术方案做出的技术变形，均落入本发明的保护范围之内。

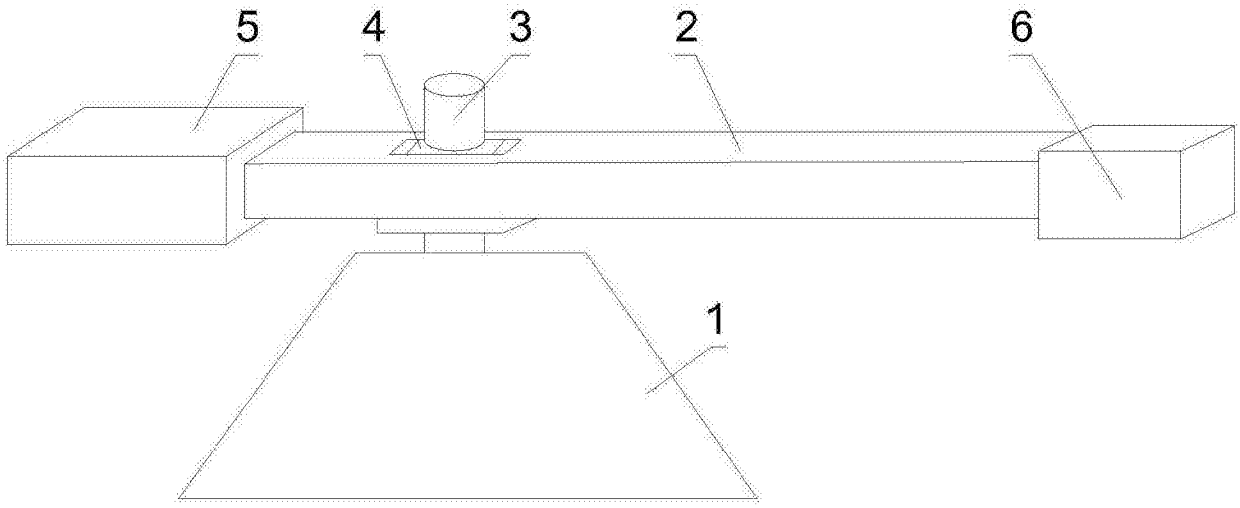


图1

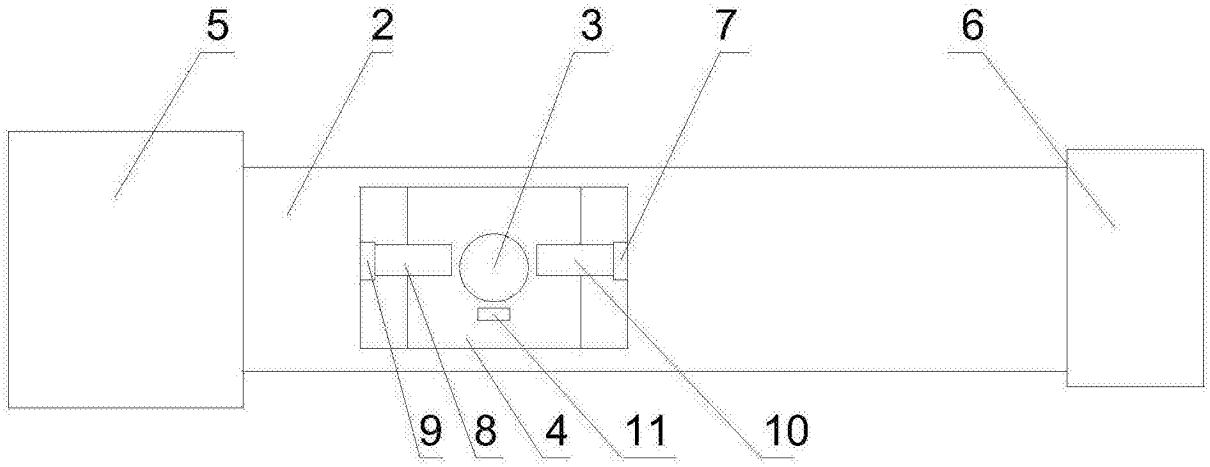


图2

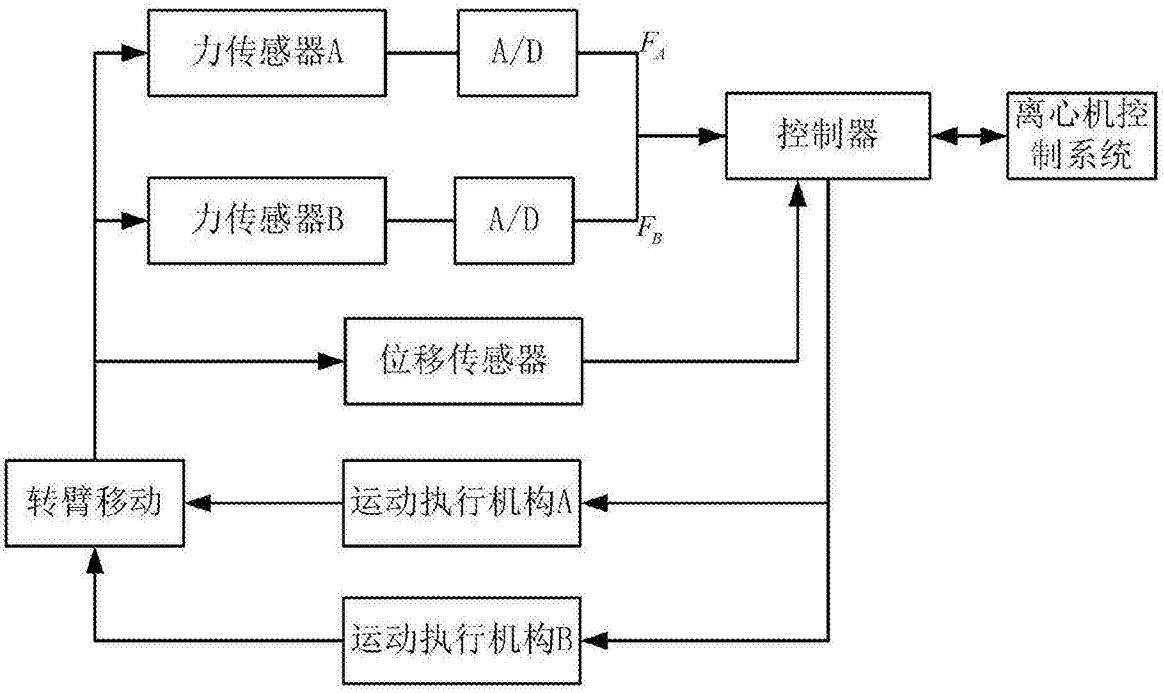

力传感器A
A/D
F_A
控制器
离心机控制系统
力传感器B
A/D
F_B
位移传感器
转臂移动
运动执行机构A
运动执行机构B

图3

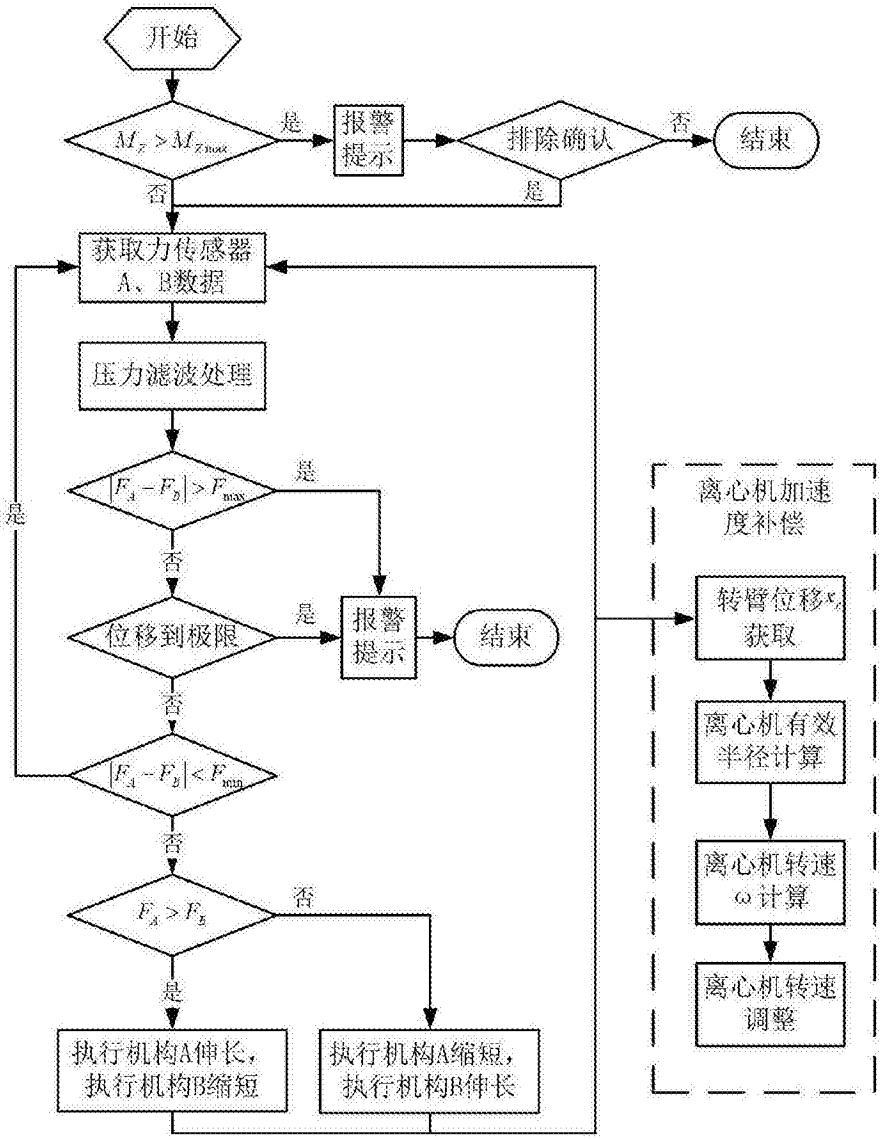

开始
$M_Z > M_{Z\max}$
是
报警提示
排除确认
否
结束
是
否
获取力传感器A、B数据
压力滤波处理
$|F_A - F_B| > F_{\max}$
是
否
位移到极限
是
报警提示
结束
否
$|F_A - F_B| < F_{\min}$
否
$F_A > F_B$
否
是
执行机构A伸长，执行机构B缩短
执行机构A缩短，执行机构B伸长
是
离心机加速度补偿
转臂位移x_c获取
离心机有效半径计算
离心机转速ω计算
离心机转速调整

图4