

一种流体压力膜特性参数的测试装置

技术领域

本发明涉及压力流体特性参数的测试领域，具体涉及一种流体压力膜特性参数的测试装置。

背景技术

流体端面动压机械密封装置是流体机械中防止高压流体沿转轴泄漏的关键基础件，其密封端面凭借微米级流体膜产生的动压效应运行于非接触的密封状态，利用密封端面之间产生的具有密封刚度的流体压力膜保持了密封端面的非接触润滑密封，使密封装置承载性能好、可靠性高、服役寿命长的特点，广泛应用于石油石化、航空航天等领域。

流体端面动压机械密封装置的密封泄漏率或泵送率以及相对旋转的两机械密封端面之间的流体压力膜的特性参数，如：流体膜的刚度、流体膜厚度变化以及密封装置的泄漏率或泵送率的测量、摩擦扭矩等等，是影响流体端面动压机械密封装置整体密封效果的重要特性指标。而在流体机械实际旋转运动的工况中，两密封端面轴向的接触载荷、相对旋转的转速以及密封端面的动压槽的槽型结构等是影响两机械密封端面之间的流体膜的上述特性参数的重要因素，现有技术通常是通过改变两密封端面轴向的接触载荷、相对旋转的转速以及密封端面的动压槽的槽型结构等工况条件，来测试上述工况条件的变化对流体膜的刚度、流体膜厚度变化以及密封装置的泄漏率或泵送率的测量、摩擦扭矩等流体膜的特性参数的影响。

而现有技术中，例如中国专利（申请号 CN201310348792）提出了一种空化可视的多功能密封实验装置，然而该专利的装置在上述工况条件的变化的情况下，测试密封装置在不同工况下的流体膜厚度变化以及密封装置的泄漏率或泵送率的测量、摩擦扭矩等流体膜的特性参数的装置，存在以下技术问题：

1、测试装置在对两密封端面轴向的相对旋转的转速的控制过程中，不能够实现对相对旋转的转速的连续性变化的精确控制，也不能实现转速按照设定转速变化曲线进行变化，这样就无法模拟流体机械转轴在实际工况中的转速变化，使测试的工况条件无法接近工作实际，测试结果可信度不高，对实际流体机械实际工作以及密封装置的设计指导意义不足。

2、测试装置在对两密封端面轴向的接触载荷的控制过程中，不能够实现对相对载荷的实时的精确控制，并且每改变一次接触载荷时就需要测试装置停机，通过手动调整，精度度差，不能实现自动化控制，测试效率低。

3、现有的测试装置，每当上述工作参数变化时都需要对装置的多个部件进行拆装或者手

动操作，测试效率低，无法实现自动化、智能化控制，装置机械结构复杂，测试过程中故障率高，也不能对于上述载荷、转速的工况参数变化进行实时监测。

发明内容

本发明的目的在于提供一种流体压力膜特性参数的测试装置，以解决上述背景技术中提出技术问题，为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种流体压力膜特性参数的测试装置，其专门用于测试流体端面动压机械密封装置中，相互旋转的两密封端面之间的流体压力膜的特性参数，其特征在于：

具有水平的基座，所述基座上固定有第一力传感器，所述第一力传感器上固定有轴承座，所述轴承座上设置有轴承，所述轴承上设置有圆形弹簧座，所述圆形弹簧座上端面的圆周方向上平均分布地设置有多个相同的气体压胀弹簧，所述多个气体压胀弹簧上端固定有静环座，所述静环座上固定有密封静环。

所述圆形弹簧座上端面的圆周方向上平均分布地设置有多个相同的限位杆，限位杆的上端部分在滑道槽内竖直方向滑动，所述滑道槽设置在所述静环座的下端面。

所述静环座中容纳有油液或者清水，其液面高于密封静环的密封端面，所述静环座右侧密封连通有有机玻璃管，密封静环的上端设置有密封动环，密封动环通过驱动装置驱动旋转，并且在密封动环的一侧设置有相机，在所述相机的一侧设置有冷光源，所述相机连接到计算机。

所述密封动环、密封静环的外圆柱面上分别固定有上定位片、下定位片，并且通过电涡流传感器测得上定位片、下定位片之间的距离以及距离的变化，并将测得的数据无线传送给信息采集器。

并且弹簧座右侧通过力臂杆连接到第二力传感器，所述第一力传感器和第二力传感器均通过信号放大器连接到信息采集器，所述信息采集器连接到计算机。

所述旋转驱动装置具有交流电源，交流电源连接变频器，所述变频器连接永磁同步电机，永磁同步电机驱动密封动环旋转，所述变频器连接到计算机。

多个所述气体压胀弹簧分别连接到气动控制系统的分流阀的各个排气口，所述气动控制系统控制连接到计算机，所述气动控制系统控制多个所述气体压胀弹簧同步伸缩。

所述气动控制系统的高压气源的主气路连接开关阀，所述开关阀的出气口分别连接先导式调压阀和进气阀的进气口，所述进气阀的出气口所述连接先导式调压阀先导腔的旁通气路，所述连接先导式调压阀的出气管路上连接有气压传感器，所述气压传感器连接到控制机构，所述进气阀为二位三通电磁控制高速开关阀，所述进气阀均连接到控制机构，所述控制机构连接到电源和计算机，所述出气管路连接分流阀。

所述变频器具有整流模块、储能模块、逆变模块和控制模块。

所述整流模块由预充电电阻 R_0 与串联的整流器构成,所述储能模块由串联的均压电阻 R_1 、 R_2 再与电容器并联构成,所述逆变模块由制动电阻 R_b 与逆变器串联构成,所述控制模块由电压检测单元、泵升限制单元、电流检测单元、温度检测单元以及输出到永磁同步电机的电流检测单元以及 PWM 发生器和驱动电路构成。

所述变频器连接到计算机,所述变频器将其电压检测信号、泵升限制信号、电流检测信号、温度检测信号以及输出到永磁同步电机的电流检测信号传输给计算机,并且计算机通过 PWM 发生器对电压进行调制,启用半导体开关器件的导通和关断把直流电压调制成电压可变、频率可变的电压脉冲列。静环座和有机玻璃管均为透明材料制成。

所述动压槽设置在所述密封动环的密封端面。

动压槽形状为螺旋形动压槽或者微孔群型动压槽。

所述油液或者清水中设置有热电偶,热电偶连接到计算机。

有机玻璃管中设置有液位传感器,所述液位传感器连接到计算机。

本发明的流体压力膜特性参数的测试装置,测试方法如下:

1、实验开始前,安装并调试好测试装置,保证各装置保持水平,选择安装预定的动压槽形状的密封动环,利用气动控制系统控制驱动气体压胀弹簧向密封静环加载竖直方向的载荷,使密封动环与密封静环按一定的载荷接触,利用第一力传感器记录此时的载荷便传送到信息采集器,此时第二传感器测得的力为 0;

2、利用变频器控制永磁同步电机的输出转速,驱动密封动环的端面相对于密封静环的端面旋转,并且控制密封动环的转速按照预先设定的速度变化曲线,进行连续性的实时变化;由于流体的动压效应,密封动环和密封静环的端面之间会产生流体压力膜,利用第一力传感器监测竖直方向载荷的变化,进而计算判断流体压力膜刚度的变化;利用电涡流传感器测得上定位片与下定位片相对距离的变化,进而得到流体压力膜厚度以及厚度的变化;利用热电偶测得油液或者水的温度,进而得到流体压力膜的温度;利用第二力传感器测得的力乘以力臂,力臂即为第二压力传感器到永磁同步电机轴线的垂直距离,进而得到流体压力膜的摩擦力矩;调整相机以及冷光源位置以及角度,利用计算机控制相机记录流体压力膜空化的情况;利用液位传感器监测有机玻璃管内液位的变化,以获得密封端面的泄漏率或泵送率;以上测得的数据均由计算机进行记录和显示,从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环转速变化的影响情况。

3、更换安装不同形状的动压槽的密封动环,重复 2 中的测试方法,测试并记录相应的流体压力膜的各个特性参数,从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环的不同形状的动

压槽的影响情况。

4、测试开始前，利用气动控制系统控制驱动气体压胀弹簧控制密封动环和密封静环之间的不同接触载荷，重复 2 中的测试方法，测试并记录相应的流体压力膜的各个特性参数，从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环和密封静环之间不同的接触载荷的影响情况。

其中，气动控制系统控制气体压胀弹簧加载密封动环和密封静环之间的接触载荷的控制方法如下：测试工作开始前，由计算机发出加载指令，计算机向控制机构输入期望的加载的载荷，期望的加载载荷转化为出气管路输出到气体压胀弹簧内的气体压力；高压气源的压力气体经开关阀进入到先导式调压阀和出气管路以及二位三通电磁控制高速开关阀，气压传感器将检测的压力信号传输到控制机构；当气压传感器检测的压力低于期望的加载载荷时，控制机构控制二位三通电磁控制高速开关阀处于下位，此时旁通气路的气体输入到先导式调压阀的先导腔使先导式调压阀的主阀芯下移，先导式调压阀输出的压力升高；当气压传感器检测的压力高于期望的加载载荷时，控制机构控制二位三通电磁控制高速开关阀处于上位，此时先导式调压阀的先导腔中的压力气体经旁通气路和二位三通电磁控制高速开关阀排出，先导式调压阀的主阀芯上移，先导式调压阀 6 输出的压力降低；这样的动态调节直至出气管路输出到压力气体腔内的气体压力与期望的加载载荷偏差为 0 后并保持出气管路输出的气体压力。输出的压力气体通过分流阀的各个排气口分别输送到各个气体压胀弹簧。

基于本发明的技术方案，本发明取得了如下技术效果：

1、优化设计了测试装置的整体结构，简化了测试装置的结构，减小占地空间，并且在测试不同形状的动压槽对于密封端之间流体压力膜特性参数的影响时，更换不同的密封动环或者密封静环，拆装时更加便捷，有利于提高测试效率。

2、利用气体压胀弹簧驱动控制密封静环的竖直运动，控制密封动环和密封静环的接触载荷的大小，并且设计了气体压胀弹簧的气动控制系统利用先导式压力调节阀与二位三通电磁控制高速开关阀的协同配合，实现对气体压胀弹簧载荷的实时精确控制，测试的效率和精度提高，并且易于用计算机实现自动化的控制。

3、交流电源连接变频器，并且设计了变频器的结构通过对输入电流的整流、储能以及逆变处理，通过变频器控制输入到永磁同步电机的电流，进而控制电机转子的转速，并且利用计算机监测记录并控制变频器的工作参数，实现对相对旋转的转速的连续性变化的精确控制，并可以实现转速按照设定程序的变化曲线进行变化，模拟流体机械转轴的转速变化更接近于实际工况，测试结果可信度更高。

附图说明

图 1 是本申请实施例中流体压力膜特性参数的测试装置的结构示意图；

图 2 是本申请实施例中密封动环的驱动装置的结构示意图；

图 3 是本申请实施例中气体压胀弹簧的气动控制系统的结构示意图；

图 3 是本申请实施例中测试所用的不同的密封动环的动压槽形状结构图；

其中：1、基座，2、第一力传感器，3、轴承，4、轴承座，5、弹簧座，6、气体压胀弹簧，7、静环座，8、油液或者水，9、密封静环，10、密封动环，11、旋转驱动装置，12、相机，13、冷光源，14、热电偶，15、有机玻璃管，16、计算机，17、信息采集器，18、信号放大器，19、第二力传感器，20、力臂杆，21、限位杆，22、滑道槽，23-1、上定位片，23-2、下定位片，23-3、电涡流传感器，6-1、高压气源，6-2、开关阀，6-3、先导式调压阀，6-4、二位三通电磁控制高速开关阀，6-5、气压传感器，6-6、控制机构，6-7、分流阀。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例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作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。

一种流体压力膜特性参数的测试装置，其专门用于测试流体端面动压机械密封装置中，相互旋转的两密封端面之间的流体压力膜的特性参数。

该测试装置具有水平的基座 1，所述基座 1 上固定有第一力传感器 2，所述第一力传感器 2 上固定有轴承座 4，所述轴承座 4 上设置有轴承 3，所述轴承 3 上设置有圆形弹簧座 5，所述圆形弹簧座 5 上端面的圆周方向上平均分布地设置有多组相同的气体压胀弹簧 6，所述多个气体压胀弹簧 6 上端固定有静环座 7，所述静环座上固定有密封静环 9。

所述圆形弹簧座 5 上端面的圆周方向上平均分布地设置有多组相同的限位杆 21，限位杆 21 的上端部分在滑道槽 22 内竖直方向滑动，所述滑道槽 22 设置在所述静环座 7 的下端面，限位杆 21 使静环座 7 不能够转动，并且对静环座 7 竖直方向的上下移动具有导向作用。

所述静环座 7 中容纳有油液或者清水，其液面高于密封静环 9 的密封端面，所述静环座 7 右侧密封连通有有机玻璃管 15，密封静环 9 的上端设置有密封动环 10，密封动环 10 通过驱动装置 11 驱动旋转，并且在密封动环 10 的一侧设置有相机 12，在所述相机 12 的一侧设置有冷光源 13，所述相机 12 连接到计算机 16。

所述密封动环 10、密封静环 9 的外圆柱面上分别固定有上定位片 23-1、下定位片 23-2，

并且通过电涡流传感器 23-2 测得上定位片 23-1、下定位片 23-2 之间的距离以及距离的变化，并将测得的数据无线传送给信息采集器 17。

并且弹簧座右侧通过力臂杆 20 连接到第二力传感器 19，所述第一力传感器 2 和第二力传感器 19 均通过信号放大器 18 连接到信息采集器 17，所述信息采集器 17 连接到计算机 16。

所述旋转驱动装置 11 具有交流电源 11-1，交流电源 11-1 连接变频器 11-2，所述变频器 11-2 连接永磁同步电机 11-3，永磁同步电机 11-3 驱动密封动环 10 旋转，所述变频器 11-2 连接到计算机 16。

多个所述气体压胀弹簧 6 分别连接到气动控制系统的分流阀 6-7 的各个排气口，所述气动控制系统控制连接到计算机 16，所述气动控制系统控制多个所述气体压胀弹簧 6 同步伸缩。

所述气动控制系统的高压气源 6-1 的主气路连接开关阀 6-2，所述开关阀 6-2 的出气口分别连接先导式调压阀 6-3 和进气阀 6-4 的进气口，所述进气阀 6-4 的出气口所述连接先导式调压阀 6-3 先导腔的旁通气路，所述连接先导式调压阀 6-3 的出气管路上连接有气压传感器 6-5，所述气压传感器 6-5 连接到控制机构 6-6，所述进气阀 6-4 为二位三通电磁控制高速开关阀，所述进气阀 6-4 均连接到控制机构 6-6，所述控制机构 6-6 连接到电源和计算机，所述出气管路连接分流阀 6-7。

所述变频器具有整流模块、储能模块、逆变模块和控制模块。

所述整流模块由预充电电阻 R_0 与串联的整流器构成，所述储能模块由串联的均压电阻 R_1 、 R_2 再与电容器并联构成，所述逆变模块由制动电阻 R_b 与逆变器串联构成，所述控制模块由电压检测单元、泵升限制单元、电流检测单元、温度检测单元以及输出到永磁同步电机的电流检测单元以及 PWM 发生器和驱动电路构成。

所述变频器 11-2 连接到计算机 16，所述变频器将其电压检测信号、泵升限制信号、电流检测信号、温度检测信号以及输出到永磁同步电机的电流检测信号传输给计算机，并且计算机通过 PWM 发生器对电压进行调制，启用半导体开关器件的导通和关断把直流电压调制成电压可变、频率可变的电压脉冲列。静环座和有机玻璃管 15 均为透明材料制成。

所述动压槽设置在所述密封动环 10 的密封端面。

动压槽形状为螺旋形动压槽或者微孔群型动压槽。

所述油液或者清水中设置有热电偶 14，热电偶 14 连接到计算机 16。

有机玻璃管 15 中设置有液位传感器，所述液位传感器连接到计算机 16。

本发明的流体压力膜特性参数的测试装置，测试方法如下：

1、实验开始前，安装并调试好测试装置，保证各装置保持水平，选择安装预定的动压槽形状的密封动环，利用气动控制系统控制驱动气体压胀弹簧 6 向密封静环 9 加载竖直方向的

载荷,使密封动环 10 与密封静环 9 按一定的载荷接触,利用第一力传感器 2 记录此时的载荷便传送到信息采集器 17,此时第二传感器 19 测得的力为 0;

2、利用变频器 11-2 控制永磁同步电机 11-3 的转速变化,驱动密封动环 10 端面相对于密封静环 9 端面旋转,并且控制密封动环 10 的转速按照预先设定的速度变化曲线,进行连续性的实时变化;由于流体的动压效应,密封动环 10 和密封静环 9 的端面之间会产生流体压力膜,利用第一力传感器 2 测试竖直方向载荷的变化,进而计算判断流体压力膜刚度的变化;利用电涡流传感器 23-2 测得上定位片与下定位片相对距离的变化,进而得到流体压力膜厚度以及厚度的变化;利用热电偶 14 测得油液或者水的温度,进而得到流体压力膜的温度;利用第二力传感器 19 测得的力乘以力臂,力臂即为第二压力传感器到永磁同步电机轴线的垂直距离,进而得到流体压力膜的摩擦力矩;调整相机以及冷光源位置以及角度,利用计算机控制相机记录流体压力膜空化的情况;利用液位传感器监测有机玻璃管内液位的变化,以获得密封端面的泄漏率或泵送率;以上测得的数据均由计算机进行记录和显示,从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环转速变化的影响情况。

3、更换安装不同形状的动压槽的密封动环 10,重复 2 中的测试方法,测试并记录相应的流体压力膜的各个特性参数,从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环的不同形状的动压槽的影响情况。

4、测试开始前,利用气动控制系统控制驱动气体压胀弹簧 6 控制密封动环 10 和密封静环 9 之间不同的接触载荷,重复 2 中的测试方法,测试并记录相应的流体压力膜的各个特性参数,从而获得流体压力膜的各个特性参数受密封动环 10 和密封静环 9 之间不同的接触载荷的影响情况。

其中,气动控制系统控制气体压胀弹簧 6 加载密封动环 10 和密封静环 9 之间的接触载荷的控制方法如下:测试工作开始前,由计算机发出加载指令,计算机向控制机构输入期望的加载载荷,期望的加载载荷转化为出气管路输出到气体压胀弹簧 6 内的气体压力;高压气源 6-1 的压力气体经开关阀 6-2 进入到先导式调压阀 6-3 和出气管路以及二位三通电磁控制高速开关阀 6-4,气压传感器 6-5 将检测的压力信号传输到控制机构 6-6;当气压传感器 6-5 检测的压力低于期望的加载载荷时,控制机构 6-6 控制二位三通电磁控制高速开关阀 6-4 处于下位,此时旁通气路的气压输入到先导式调压阀 6-3 的先导腔使先导式调压阀 6-3 的主阀芯下移,先导式调压阀 6-3 输出的压力升高;当气压传感器 6-5 检测的压力高于期望的加载载荷时,控制机构 6-6 控制二位三通电磁控制高速开关阀 6-4 处于上位,此时先导式调压阀 6-3 的先导腔中的压力气体经旁通气路和二位三通电磁控制高速开关阀 6-4 排出,先导式调压阀 6-3 的主阀芯上移,先导式调压阀 6-3 输出的压力降低;这样的动态调节直至出气管路输出到压力气体腔

说明书

内的气体压力与期望的加载载荷偏差为 0 后并保持出气管路输出的气体压力。输出的压力气体通过分流阀 6-7 的各个排气口分别输送到各个气体压胀弹簧 6。

基于本发明的技术方案相比于现有技术，具有如下优点：

1、优化设计了测试装置的整体结构，简化了测试装置的结构，减小占地空间，并且在测试不同形状的动压槽对于密封端之间流体压力膜特性参数的影响时，更换不同的密封动环或者密封静环，拆装时更加便捷，有利于提高测试效率。

2、利用气体压胀弹簧驱动控制密封静环的竖直运动，控制密封动环和密封静环的接触载荷的大小，并且设计了气体压胀弹簧的气动控制系统利用先导式压力调节阀与二位三通电磁控制高速开关阀的协同配合，实现对气体压胀弹簧载荷的实时精确控制，测试的效率和精度提高，并且易于用计算机实现自动化的控制。

3、交流电源连接变频器，并且设计了变频器的结构通过对输入电流的整流、储能以及逆变处理，通过变频器控制输入到永磁同步电机的电流，进而控制电机转子的转速，并且利用计算机监测记录并控制变频器的工作参数，实现对相对旋转的转速的连续性变化的精确控制，并可以实现转速按照设定程序的变化曲线进行变化，模拟流体机械转轴的转速变化更接近于实际工况，测试结果可信度更高。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。