

# 一种用于高速旋转叶轮机械的密封装置

## 技术领域

**[0001]** 本申请涉及用于叶轮机械的密封领域，特别是涉及用于高速旋转的精密叶轮机械旋转轴密封的多级组合式密封设备。

## 背景技术

**[0002]** 现有的叶轮机械的旋转轴的密封方式通常是采用非接触式的流体动压机械密封。非接触式的流体动压机械密封是在密封动环和静环的端面上开设不同形式的动压槽，当密封动环和静环相对旋转时产生动压效应，使密封端面打开产生密封气膜，利用密封气膜实现了密封动环和静环端面的非接触密封。减少了密封端面间的摩擦损耗，延长了密封的使用寿命，除此之外其泄漏量低且稳定性较高，所以非接触式机械密封在叶轮机械装置中有着广泛的应用。

**[0003]** 但随着工业的发展，非接触式的流体动压机械密封运行工况更多趋向于高转速、高温和高压。随着转速的提高，虽然端面动压槽产生的动压效应会增强，现有的高速旋转的叶轮机械旋转轴的非接触式的流体动压机械密封存在以下技术问题：

**[0004]** 1、密封效果不稳定，在轴高速旋转时泄漏量明显增大，并且转轴的轴向振动增强，这会 影响密封气膜的刚度稳定性；

**[0005]** 2、适应性和通用性差，在叶轮机械处于不同的工况中，叶轮机械内的介质压力变化或者 转轴处于不同的转速，而不能够实时对密封装置的密封效能进行控制调整，导致在叶轮机械 处于不同的工况时，密封性能差异较大；

**[0006]** 3、叶轮机械启动和停机时，转速相对较低，动环和静环之间不能够及时产生密封动压气膜，导致泄漏；并且在叶轮机械正常高速运转期间，动环和静环之间的密封动压气膜刚度不足，气膜刚度的稳定性差，影响的密封效果。

## 发明内容

**[0007]** 为解决上述技术问题，本发明提供了一种用于高速旋转叶轮机械的密封装置，其能够实时对密封装置的密封效能进行控制调整，使其在叶轮机械处于不同的工况运行时气膜刚度强，密封性强，并且气膜刚度的稳定性高，密封效

果的稳定性高。

**[0008]** 该密封装置具有旋转轴 1、左端盖 3 和右端盖 13，两端分别与所述左端盖 3、右端盖 13 固定连接的圆周壳体；左端盖 3 和右端盖 13 分别设置有第一迷宫密封装置 2 和第二迷宫密封装置 14，所述第一迷宫密封装置 2 和第二迷宫密封装置 14 分别与所述旋转轴 1 形成轴向迷宫式密封；所述左端盖 3 与迷宫密封块 21 形成径向的迷宫式密封，所述迷宫密封块 21 的外圆周上具有第三迷宫密封装置 10，所述第三迷宫密封装置 10 与所述圆周壳体的内圆周面形成轴向迷宫式密封；

**[0009]** 所述密封装置还具有与所述迷宫密封块 21 固定连接的左密封动环 20；所述迷宫密封块 21、左密封动环 20 固定在旋转轴 1 上，并随着旋转轴 1 旋转；所述密封装置具有右密封动环 15，所述右密封动环 15 与右端盖 13 形成径向的迷宫式密封，所述右密封动环 15 固定在旋转轴 1 上，并随着所述旋转轴 1 旋转；

**[0010]** 所述密封装置具有中间静环组件 24，所述中间静环组件 24 具有与所述圆周壳体一体形成的肋，所述肋中设置有第一气体通道 11 和第二气体通道 12；所述肋具有径向部分和从所述径向部分向左右延伸的轴向部分，其中，左端的轴向部分内设置左弹簧腔，左弹簧腔内设置有左气动弹簧 18，所述左气动弹簧 18 连接有左密封静环 19，所述左气动弹簧 18 向所述左密封静环 19 施加预紧力使所述左密封静环 19 与所述左密封动环 20 形成机械密封；右端的轴向部分内设置右弹簧腔，右弹簧腔内设置有右气动弹簧 17，所述右气动弹簧 17 连接有右密封静环 16，所述右气动弹簧 17 向所述右密封静环 16 施加预紧力使所述右密封静环 16 与所述右密封动环 15 形成机械密封；第一气体通道 11 和第二气体通道 12 分别与左气动弹簧 18 和右气动弹簧 17 连通；

**[0011]** 所述左密封动环 20 和右密封动环 15 的从环端面的外圆周到环端面环径向中间部分都具有小于 10 度的倾斜面；所述倾斜面位于左密封动环 20、右密封动环 15 与左密封静环 19、右密封静环 16 相贴合的环端面上；

**[0012]** 所述迷宫密封块 21、左端盖 3 和所述圆周壳体形成第一密封腔 4；迷宫密封块 21、左密封动环 20、中间静环组件 24 和所述圆周壳体形成第二密封腔 22；中间静环组件 24、右密封动环 15、右端盖 13 和所述圆周壳体形成第三密封腔 23；圆周壳体上分别设置有第一通孔 a1、第二通孔 a2、第三通孔 a3；

**[0013]** 所述密封控制系统具有压力气源 8，所述压力气源 8 与总截止阀 7 连接；第一截止阀 6-1 连接第一调压阀 5-1，所述第一调压阀 5-1 通过第一通孔 a1 与第一密封腔 4 连通，形成第一控制流路；第二截止阀 6-2 连接第二调压阀 5-2，所述第二调压阀 5-2 通过第二通孔 a2 与第二密封腔 22 连通，形成第二控制流路；第三截止阀 6-3 连接第三调压阀 5-3，所述第三调压阀 5-3 与第一气体通道 11 连通，形成第三控制流路；第四截止阀 6-4 连接第四调压阀 5-4，所述第四调压阀 5-4 与第二气体通道 12 连通，形成第四控制流路；第五截止阀 6-5 连接第五调压阀 5-5，所述第五调压阀 5-5 通过第三通孔 a3 与第三密封腔 23 连通，形成第五控制流路；第一控制流路、第二控制流路、第三控制流路、第四控制流路、第五控制流路并联设置，并与总截止阀 7 相连接；第一调压阀 5-1、第二调压阀 5-2、第三调压阀 5-3、第四调压阀 5-4、第五调压阀 5-5 分别与控制器 9 连接，并且上述五个调压阀都是电磁调压阀；第一压力传感器、第二压力传感器、第三压力传感器、第四压力传感器、第五压力传感器分别用于检测第一密封腔 4、第二密封腔 22、第一气体通道 11、第二气体通道 12 和第三密封腔 23 中的流体压力，上述五个压力传感器分别与所述控制器 9 连接。

**[0014]** 压力气源 8 内存储有一定粘度的可压缩性的高压密封保护气，总截止阀 7 是控制密封保护气流动的总开关，在执行密封控制时，打开总截止阀 7 和各个控制流路的截止阀 6，使高压密封保护气进入到各个密封腔和气动弹簧。在工作时为保证动静环端面气膜刚度和稳定性以及迷宫密封的密封通道的压力，各个密封腔和气动弹簧分别具有一个预期的压力范围，并且气动弹簧的压力为动环和静环之间提供一个期望的预紧力。各个密封腔和气动弹簧期望的压力范围会作为目标控制向量输入到控制器 9 中，同时控制器 9 会按照这个输入，向各个控制流路的调压阀 5 发出控制信号，控制各个流路中流入到密封腔和气动弹簧的气体压力。并且各个密封腔和气动弹簧分别具有压力传感器，实时检测各个密封腔和气动弹簧内的压力，当测得某个密封腔或气动弹簧的压力值没有在期望的压力范围内时，控制其会实时发出控制信号到调压阀 5，实时控制该流路中密封保护气的压力，使各个密封腔和气动弹簧的压力保持在期望的压力范围之内。

**[0015]** 所述左密封静环 19 和所述右密封静环 16 的端面动压密封槽均为螺旋型

动压密封槽。所述左端盖 3 与圆周壳体密封连接，所述右端盖 13 与圆周壳体密封连接。

**[0016]** 所述肋的左端的轴向部分和所述肋的右端的轴向部分分别具有用于安装限位环的凹槽 25。所述左端盖 3 的左侧为要密封的介质，所述右端盖 13 的右侧为外界空气。

**[0017]** 所述左气动弹簧 18 随着充入所述左气动弹簧 18 内气体压力的变化而带动左密封静环 19 进行轴向伸缩；所述右气动弹簧 17 随着充入所述右气动弹簧 17 内气体压力的变化而带动右密封静环 16 进行轴向伸缩。

**[0018]** 所述第一控制流路、第二控制流路、第三控制流路、第四控制流路、第五控制流路的气体流通管分别与第一通孔 a1、第二通孔 a2、第一气体通道 11、第二气体通道 12、第三通孔 a3 的密封连接。

**[0019]** 本发明的用于高速旋转叶轮机械的密封装置获得了以下技术效果：

**[0020]** 1、双端面流体动压机械密封与迷宫式旋转密封形成的多级组合式密封结构，两种密封方式之间相互协调作用，保证了在高速旋转的精密叶轮机械的转轴密封的高密封要求；

**[0021]** 2、建立密封控制系统，在叶轮机械处于不同的工况中，能够实时对密封装置的各个密封腔的密封保护气的压力以及气动弹簧的压力，进而控制密封气膜的刚度和稳定性以及迷宫密封的密封通道的压力稳定性，控制气动弹簧的预紧力调整密封效能，提高了密封装置的适应性；并且密封保护气具有一定的粘性和可压缩性，有利于动环和静环之间端面在低速旋转式快速形成密封气膜的，且气膜刚度强、压力稳定，也有利于迷宫密封的密封通道内压力的快速形成。

**[0022]** 3、在动环和静环的端面密封中利用气动弹簧代替了传统的金属弹簧或者波纹管提供预紧力，可以通过控制气动弹簧内气压的变化来有效控制气动弹簧的伸缩，进而控制了动环和静环端面贴合的预紧力，可以通过实时调整气动弹簧内气压控制动环和静环端面之间的气膜刚度；并且气动弹簧相比于传统的金属弹簧或者波纹管，具有轴向直线性好，不易径向偏斜的优点，对转轴的轴向振动进行了良好的补偿，保证了动环和静环的端面密封气膜的稳定性；

**[0023]** 4、左密封动环和所述右密封动环从环端面的外圆周到环端面环径向中间部分都具有小于 10 度的倾斜面，有利于动环和静环的端面在叶轮机械开启和停

机的低转速时段内仍然能压缩 气体快速形成动压密封气膜，阻滞介质泄漏保证密封；并且在叶轮机械正常运转期间，保证 动环和静环之间的密封动压气膜刚度，提高气膜密封的稳定性。

### 附图说明

[0024] 图 1 为用于高速旋转叶轮机械的密封装置的结构图及其密封控制系统的结构图。

[0025] 图 2 为图 1 中 A 部分的放大图。

[0026] 图 3 为左密封静环 19、右密封静环 16 的动压槽形状图。

### 具体实施方式

[0027] 本发明提供了一种用于高速旋转叶轮机械的密封装置。该用于高速旋转叶轮机械的密封 装置是由双端面流体动压机械密封与迷宫式旋转密封形成的多级组合式密封结构；所述密封 装置具有密封控制系统，所述密封控制系统为所述密封装置提供一定压力的密封保护气，并 对所述密封保护气和密封装置的工作状况进行实时监测和控制。

[0028] 该密封装置具有旋转轴 1、左端盖 3 和右端盖 13，两端分别与所述左端盖 3、右端盖 13 固定连接的圆周壳体；左端盖 3 和右端盖 13 分别设置有第一迷宫密封装置 2 和第二迷宫密封装置 14，所述第一迷宫密封装置 2 和第二迷宫密封装置 14 分别与所述旋转轴 1 形成轴向迷宫式密封；所述左端盖 3 与迷宫密封块 21 形成径向的迷宫式密封，所述迷宫密封块 21 的外圆周上具有 第三迷宫密封装置 10，所述第三迷宫密封装置 10 与所述圆周壳体的内圆周面形成轴向迷宫式密封；

[0029] 所述密封装置还具有与所述迷宫密封块 21 固定连接的左密封动环 20；所述迷宫密封块 21、左密封动环 20 固定在旋转轴 1 上，并随着旋转轴 1 旋转；所述密封装置具有右密封动环 15，所述右密封动环 15 与右端盖 13 形成径向的迷宫式密封，所述右密封动环 15 固定在旋转轴 1 上，并随着所述旋转轴 1 旋转；

[0030] 所述密封装置具有中间静环组件 24，所述中间静环组件 24 具有与所述圆周壳体一体形成的肋，所述肋中设置有第一气体通道 11 和第二气体通道 12；所述肋具有径向部分和从所述径向部分向左右延伸的轴向部分，其中，左端的轴向部分内设置左弹簧腔，左弹簧腔内设置有左气动弹簧 18，所述左气动弹簧

18 连接有左密封静环 19, 所述左气动弹簧 18 向所述左密封静环 19 施加预紧力使所述左密封静环 19 与所述左密封动环 20 形成机械密封; 右端的轴 向部分内设置右弹簧腔, 右弹簧腔内设置有右气动弹簧 17, 所述右气动弹簧 17 连接有右密封静环 16, 所述右气动弹簧 17 向所述右密封静环 16 施加预紧力使所述右密封静环 16 与所述右密封动环 15 形成机械密封; 第一气体通道 11 和第二气体通道 12 分别与左气动弹簧 18 和右气动弹簧 17 连通;

**[0031]** 所述左密封动环 20 和右密封动环 15 的从环端面的外圆周到环端面环径向中间部分都具有小于 10 度的倾斜面, 所述倾斜面位于左密封动环(20)、右密封动环(15)与左密封静环(19)、右密封静环(16)相贴合的环端面上;

**[0032]** 所述迷宫密封块 21、左端盖 3 和所述圆周壳体形成第一密封腔 4; 迷宫密封块 21、左密封动环 20、中间静环组件 24 和所述圆周壳体形成第二密封腔 22; 中间静环组件 24、右密封动环 15、右端盖 13 和所述圆周壳体形成第三密封腔 23; 圆周壳体上分别设置有第一通孔 a1、第二通孔 a2、第三通孔 a3;

**[0033]** 所述密封控制系统具有压力气源 8, 所述压力气源 8 与总截止阀 7 连接; 第一截止阀 6-1 连接第一调压阀 5-1, 所述第一调压阀 5-1 通过第一通孔 a1 与第一密封腔 4 连通, 形成第一控制流路; 第二截止阀 6-2 连接第二调压阀 5-2, 所述第二调压阀 5-2 通过第二通孔 a2 与第二密封腔 22 连通, 形成第二控制流路; 第三截止阀 6-3 连接第三调压阀 5-3, 所述第三调压阀 5-3 与第一气体通道 11 连通, 形成第三控制流路; 第四截止阀 6-4 连接第四调压阀 5-4, 所述第四调压阀 5-4 与第二气体通道 12 连通, 形成第四控制流路; 第五截止阀 6-5 连接第五调压阀 5-5, 所述第五调压阀 5-5 通过第三通孔 a3 与第三密封腔 23 连通, 形成第五控制流路; 第一控制流路、第二控制流路、第三控制流路、第四控制流路、第五控制流路并联设置, 并与总截止阀 7 相连接; 第一调压阀 5-1、第二调压阀 5-2、第三调压阀 5-3、第四调压阀 5-4、第五调压阀 5-5 分别与控制器 9 连接, 并且上述五个调压阀都是电磁调压阀; 第一压力传感器、第二压力传感器、第三压力传感器、第四压力传感器、第五压力传感器分别用于检测第一密封腔 4、第二密封腔 22、第一气体通道 11、第二气体通道 12 和第三密封腔 23 中的流体压力, 上述五个压力传感器分别与所述控制器 9 连接。

**[0034]** 压力气源 8 内存储有一定粘度的可压缩性的高压密封保护气, 总截止阀 7

是控制密封保护气流动的总开关，在执行密封控制时，打开总截止阀 7 和各个控制流路的截止阀 6，使高压密封保护气进入到各个密封腔和气动弹簧。在工作时为保证动静环端面气膜刚度和稳定性以及迷宫密封的密封通道的压力，各个密封腔和气动弹簧分别具有一个预期的压力范围，并且气动弹簧的压力为动环和静环之间提供一个期望的预紧力。各个密封腔和气动弹簧期望的压力范围会作为目标控制向量输入到控制器 9 中，同时控制器 9 会按照这个输入，向各个控制流路的调压阀 5 发出控制信号，控制各个流路中流入到密封腔和气动弹簧的气体压力。并且各个密封腔和气动弹簧分别具有压力传感器，实时检测各个密封腔和气动弹簧内的压力，当测得某个密封腔或气动弹簧的压力值没有在期望的压力范围内时，控制其会实时发出控制信号到调压阀 5，实时控制该流路中密封保护气的压力，使各个密封腔和气动弹簧的压力保持在期望的压力范围之内。

**[0035]** 所述左密封静环 19 和所述右密封静环 16 的端面动压密封槽均为螺旋型动压密封槽。所述左端盖 3 与圆周壳体密封连接，所述右端盖 13 与圆周壳体密封连接。

**[0036]** 所述肋的左端的轴向部分和所述肋的右端的轴向部分分别具有用于安装限位环的凹槽 25。所述左端盖 3 的左侧为要密封的介质，所述右端盖 13 的右侧为外界空气。

**[0037]** 所述左气动弹簧 18 随着充入所述左气动弹簧 18 内气体压力的变化而带动左密封静环 19 进行轴向伸缩；所述右气动弹簧 17 随着充入所述右气动弹簧 17 内气体压力的变化而带动右密封静环 16 进行轴向伸缩。

**[0038]** 所述第一控制流路、第二控制流路、第三控制流路、第四控制流路、第五控制流路的气体流通管分别与第一通孔 a1、第二通孔 a2、第一气体通道 11、第二气体通道 12、第三通孔 a3 的密封连接。

**[0039]** 本发明的用于高速旋转叶轮机械的密封装置利用双端面流体动压机械密封与迷宫式旋转密封形成的多级组合式密封结构，两种密封方式之间相互协调作用，保证了在高速旋转的精密叶轮机械的旋转轴密封的高密封要求。

**[0040]** 建立了密封控制系统，在叶轮机械处于不同的工况中，能够实时对密封装置的各个密封腔的密封保护气的压力以及气动弹簧的压力，进而控制密封气

膜的刚度和稳定性以及迷宫密封的密封通道的压力稳定性，控制气动弹簧的预紧力调整密封效能，提高了密封装置的适应性；并且密封保护气具有一定的粘性和可压缩性，有利于动环和静环之间端面在低速旋转式快速形成密封气膜的，且气膜刚度强、压力稳定，也有利于迷宫密封的密封通道内压力的快速形成。

**[0041]** 在动环和静环的端面密封中利用气动弹簧代替了传统的金属弹簧或者波纹管提供预紧力，可以通过控制气动弹簧内气压的变化来有效控制气动弹簧的伸缩，进而控制了动环和静环端面贴合的预紧力，可以通过实时调整气动弹簧内气压控制动环和静环端面之间的气膜刚度；并且气动弹簧相比于传统的金属弹簧或者波纹管，具有轴向直线性好，不易径向偏斜的优点，对转轴的轴向振动进行了良好的补偿，保证了动环和静环的端面密封气膜的稳定性；

**[0042]** 左密封动环和所述右密封动环从环端面的外圆周到环端面环径向中间部分都具有小于 10 度的倾斜面，有利于动环和静环的端面在叶轮机械开启和停机的低转速时段内仍然能压缩气体快速形成动压密封气膜，阻滞介质泄漏保证密封；并且在叶轮机械正常运转期间，保证动环和静环之间的密封动压气膜刚度，提高气膜密封的稳定性。

**[0043]** 本说明书实施例所述的内容仅仅是对技术方案的实现形式的列举，本专利的保护范围不应当被视为仅限于上述所陈述的具体实例，在不脱离本发明上述技术思想的情况下，根据本领域普通技术知识和惯用手段做出的各种替换或变更，均应包括在本专利的范围内。