



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101699125 A

(43) 申请公布日 2010.04.28

(21) 申请号 200910217819.2

B64G 1/24 (2006.01)

(22) 申请日 2009.11.05

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 白越 吴一辉 黄敦新

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

F16N 7/40 (2006.01)

F16C 35/12 (2006.01)

F16C 33/58 (2006.01)

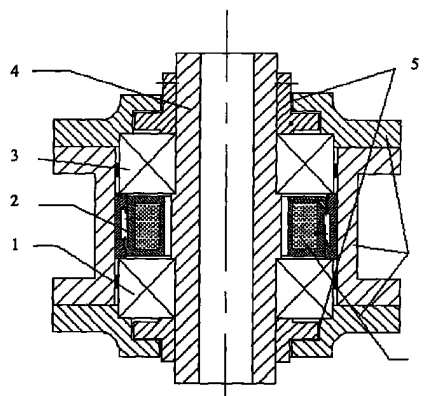
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系

(57) 摘要

本发明属于空间摩擦学技术领域,涉及一种基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系。该轴系包括第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承、MEMS 微泵储油-供油系统、第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承、主轴、内支撑套、外支撑套和油储。该轴系可为内转子电机和外转子电机提供有效支撑及润滑,利用 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承+MEMS 微泵精确供油的液体复合润滑方式,轴系润滑系统采用由空腔储油器-MEMS 微泵-迷宫密封组成的储油、供油及保持装置,使轴系从静止启动到高速运转的宽转速范围内具有良好的润滑特性和摩擦特性,有效改善初期磨合及防止启动咬合,同时提高了轴系在低速下的控制精度、使用寿命和可靠性。



1. 基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,该轴系包括第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (1)、MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2)、第 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (3)、主轴 (4)、内支撑套 (5)、外支撑套 (6) 和油储 (7);第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (1) 和第 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (3) 同轴排列安装于主轴 (4) 上,两端由内支撑套 (5) 实现紧固,由外支撑套 (6) 实现预紧;第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (1) 的内圈沟道 (17) 和外圈沟道 (18),以及第 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (3) 的内圈沟道 (17) 和外圈沟道 (18),其各沟道表面在涂敷固体润滑薄膜之前均采用 MEMS 工艺在沟道表面预制微孔;MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2) 安装在第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (1) 和第 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (3) 之间,其固定方式由飞轮电机转子的类型确定;油储 (7) 与 MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2) 的楔形微进油口 (9) 相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,当飞轮电机的转子为外转子时,所述的 MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2) 固定于外支撑套 (6) 上;当飞轮电机的转子为内转子时,所述的 MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2) 固定于内支撑套 (5) 上。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,为所述的第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (1) 和第 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 (3) 提供润滑的液体润滑剂由空腔油储 (7) 所供给。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,将油储 (7) 中润滑油精确提供给轴承的机构为采用 MEMS 微加工工艺制作的 MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2)。

5. 根据权利要求 1 或 2 或 4 所述的基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,所述的 MEMS 微泵储油 - 供油系统 (2) 的进油口 (9) 和出油口 (12),其形状均采用楔形微孔,且表面涂有增加液体润滑剂粘滞阻力的高分子涂层。

6. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系,其特征在于,所述内圈沟道 (17) 和外圈沟道 (18) 表面微孔的横截面形状为圆形、方形或矩形,其深度为 10 微米到 1 毫米。

基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系

技术领域

[0001] 本发明属于空间摩擦学技术领域,涉及一种基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系。

背景技术

[0002] 卫星的发展要求姿态控制系统具有高精度和长寿命并能提供精确的控制力矩,因而越来越多地采用飞轮三轴姿态稳定系统。空间姿控飞轮一般由转子、轴系、直流无刷电机以及密封壳体构成。轴系是飞轮中的关键部件,其设计直接决定了飞轮的控制精度、可靠性以及寿命。

[0003] 姿态控制用飞轮分为偏置动量轮和反作用飞轮两种,其中偏置动量轮的平均转速一般在 2000 ~ 3000 转 / 分钟,飞轮单方向旋转;反作用飞轮的平均转速为 0,可以正反两个方向旋转。相对于偏置动量轮,反作用飞轮在相同惯量条件下具有高角动量输出范围以及良好的控制特性,成为姿态控制飞轮的重要发展方向。目前国外卫星姿态控制方案的发展趋势是将反作用飞轮工作在偏置状态下构成整星零动量,即反作用飞轮不过零,国内反作用飞轮还处于研制阶段,寿命和可靠性不高。反作用飞轮转速不过零,其角动量输出范围减小 50% 多,导致其功能密度严重降低。其原因是由于反作用飞轮在零转速附近的摩擦磨损剧烈同时带有强烈的非线性,因而导致反作用飞轮在零转速附近控制精度低,其本质是由于飞轮轴系在零转速附近存在磨损剧烈、摩擦非线性以及润滑不良等问题造成的。

[0004] 当前,飞轮轴系支撑轴承采用钢制球轴承,润滑方式为液体油润滑。油润滑在零转速及低速下难于形成良好的弹性流体动压润滑膜,因此零转速及低速下的摩擦力矩大、轴承磨损剧烈,这样导致了轴系在零转速和低速下控制精度低,对卫星造成了姿态扰动,因此,姿态控制飞轮(包括偏置动量轮和反作用飞轮)仅能工作在较高的工作转速下。

[0005] 姿态控制飞轮轴系的润滑方式有脂润滑、油润滑和固体润滑三种方式。其中油润滑在较高转速下具有摩擦力矩低、运转平稳以及功耗小的优点,但其在低速下的润滑状况不好;脂润滑不易挥发,润滑结构相对油润滑简单,低速下的润滑状况好于油润滑,但在较高转速下功耗较大;固体润滑具有结构简单、摩擦性能不随温度变化以及良好的低速特性等优点,但在较高转速下磨损剧烈,寿命有限。

发明内容

[0006] 针对当前飞轮中存在零速附近摩擦力矩大、磨损剧烈以及控制精度低等问题,本发明提供一种基于 MEMS 微泵的空间飞轮用固-液复合润滑轴系,可同时为内转子飞轮电机和外转子飞轮电机提供有效支撑,通过利用 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承+MEMS 微泵精确供油的液体复合润滑方式,轴系润滑系统采用由空腔储油器-MEMS 微泵-迷宫密封组成的储油、供油及保持装置,使轴系从静止启动到高速运转的宽转速范围内都具有良好的润滑特性和摩擦特性,有效改善初期磨合及防止启动咬合,同时提高了轴系在零速附近的控制精度、使用寿命和可靠性。

[0007] 本发明包括第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1、第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3、MEMS 微泵储油 - 供油系统 2、主轴 4、内支撑套 5、外支撑套 6 以及油储 7。内支撑套 5 和外支撑套 6 均可与飞轮电机转子联接,可同时为内转子飞轮电机和外转子飞轮电机提供可靠支撑;第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3 同轴排列安装于主轴 4 上,两端由内支撑套 5 实现紧固,外支撑套 6 对轴承提供预紧,内支撑套 5 和外支撑套 6 之间采用迷宫密封结构以减小液体润滑剂的分子损失;第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3 的内圈 17 和外圈 18 沟道表面在涂敷固体润滑薄膜之前采用 MEMS 微加工工艺在其沟道表面预制微孔,增强固体润滑膜与钢基的结合力,为轴系在零速附近提供良好的润滑,同时增加轴系的使用寿命。MEMS 微泵储油 - 供油系统 2 安装在第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3 之间,根据电机转子类型(内转子、外转子)确定其固定方式,其中 MEMS 楔形进油口 9 和微阀 11 可对第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3 进行精确可控的供油,从而消除轴承因过量供油和缺油而造成的润滑性能下降,提高油储 7 中所储润滑油的利用效率,增加使用寿命。

[0008] 本发明的有益效果是:采用 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 + MEMS 微泵精确供油的液体复合润滑方式,轴系润滑系统采用由空腔储油器 - MEMS 微泵 - 迷宫密封组成的储油、供油及保持装置,使轴系从静止启动到高速运转的宽转速范围内具有良好的润滑特性和摩擦特性,有效改善初期磨合及防止启动咬合,同时提高了轴系在低速下的控制精度、使用寿命和可靠性。

附图说明

[0009] 图 1 为本发明基于 MEMS 微泵的飞轮用固液复合润滑轴系的结构示意图。

[0010] 图 2 为本发明的 MEMS 微泵储油 - 供油系统示意图。其中,图 (a) 表示微阀关闭状态,图 (b) 表示微阀打开供油状态。

[0011] 图 3 为本发明的第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承或第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承的结构示意图。

[0012] 图中:1、第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承,2、MEMS 微泵储油 - 供油系统,3、第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承,4、主轴,5、内支撑套,6、外支撑套,7、油储,8、储油器,9、楔形微进油口,10、阀腔,11、微阀,12、楔形微出油口,13、外圈,14、陶瓷滚珠,15、自润滑保持架,16、内圈,17、内圈沟道,18、外圈沟道。

具体实施方式

[0013] 如图 1 所示,轴系关键支撑部件第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3 的内圈分别紧装于轴肩处,两端借助内支撑套 5 固定,外支撑套 6 对轴承进行预紧;应用于内转子飞轮电机,电机转子连接在内支撑套 5 上;应用于外转子飞轮电机,电机转子连接在外支撑套 6 上。MEMS 微泵储油 - 供油系统 2 借助工作时的离心力通过 MEMS 工艺制作的楔形微进油口 9 和微阀 11 可精确控制供油量及供油速度,同时采用空腔储油器 8 可提高润滑油利用率,增加轴系润滑寿命。

[0014] 如图 2 所示,对于轴系的 MEMS 微泵储油 - 供油系统 2,根据飞轮电机的驱动方式确定其固定于外支撑套 6(对应外转子飞轮电机)上或内支撑套 5(对应内转子飞轮电机)上,其中,微阀 11 采用 MEMS 微加工工艺制作,需要供油时,增加油储的离心力使微阀 11 打开,润滑油通过楔形微进油口 9 由油储 7 进入阀腔 10 内,再通过楔形微出油口 12 进入轴承沟道 17,从而为轴承提供润滑;当不需要供油时,降低油储的离心力,微阀 11 关闭,结束供油。供油速度和供油量的精确控制根据楔形微进油口 9、微阀 11、阀腔 10、楔形微出油口 12 的设计参数及油储离心力确定。

[0015] 如图 3 所示,对于轴系关键支撑部件第一 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 1 和第二 MEMS 微孔增强的固体薄膜润滑陶瓷轴承 3,轴承的内圈 13 和外圈 16 为轴承钢,在涂敷固体润滑膜前对钢质内圈沟道 17 和外圈沟道 18 采用 MEMS 微加工技术在表面预制微孔,微孔的横截面形状为圆形、方形或矩形,其深度为 10 微米到 1 毫米,再在沟道表面涂敷固体润滑剂形成固体润滑薄膜,固体润滑剂进入 MEMS 微孔,增加膜层与基体的接触面积和结合强度,从而提高了薄膜的耐磨强度和使用寿命。轴承保持架 15 采用具有自润滑性能的高分子复合多孔材料制作。

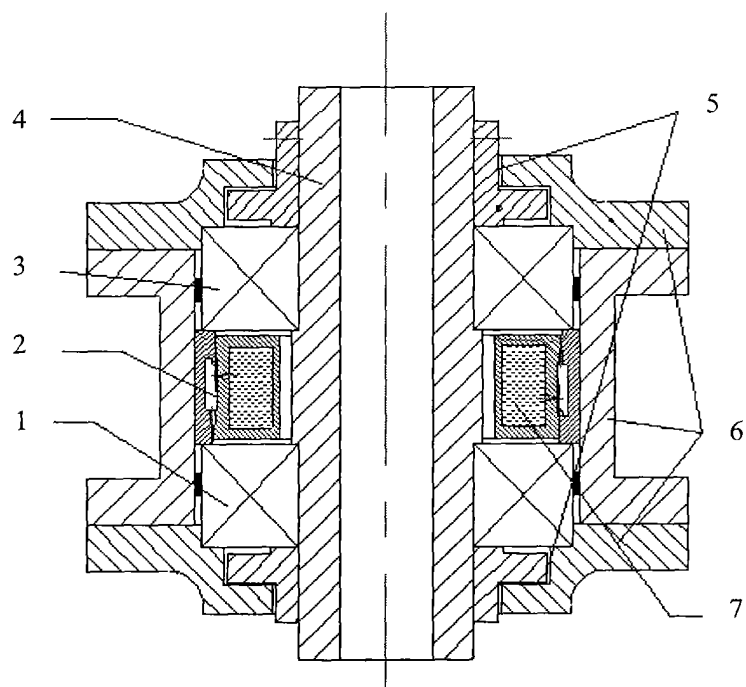


图 1

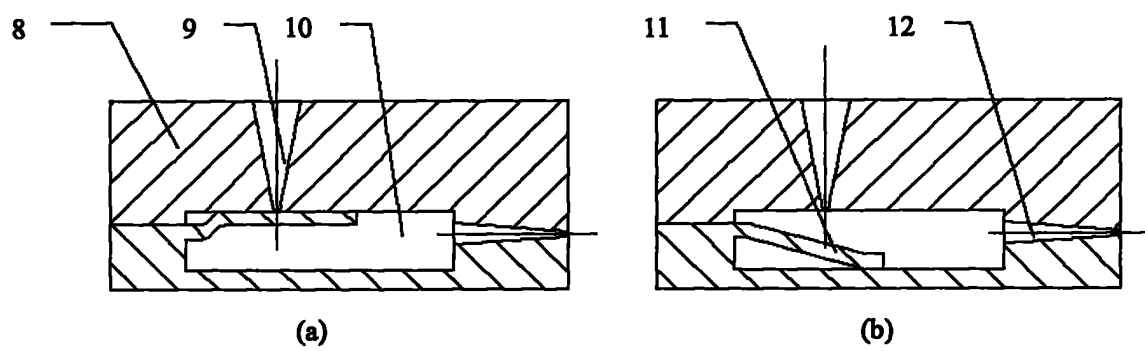


图 2

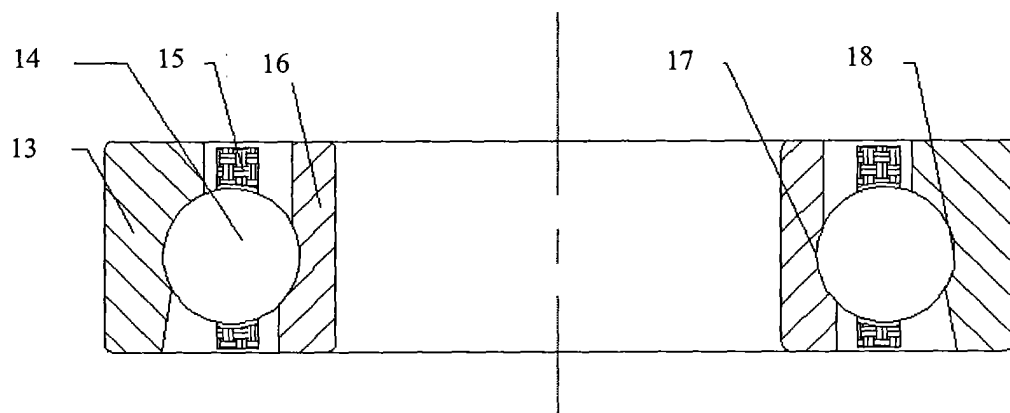


图 3