

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610131688.2

[51] Int. Cl.

F16C 35/12 (2006.01)

F16J 15/447 (2006.01)

F16C 33/62 (2006.01)

F16C 33/66 (2006.01)

F16C 33/44 (2006.01)

F16C 33/32 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 5 月 14 日

[11] 公开号 CN 101178095A

[51] Int. Cl. (续)

C10M 103/06 (2006.01)

C08L 79/08 (2006.01)

B64G 1/22 (2006.01)

[22] 申请日 2006.11.30

[21] 申请号 200610131688.2

[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 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 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
代理人 南小平

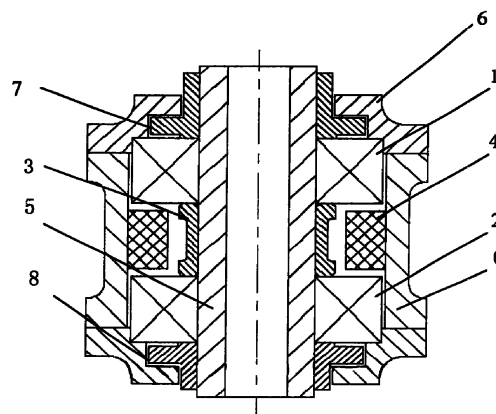
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种空间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，涉及一种空间飞轮用固液复合润滑轴系，利用固体与液体复合润滑方式，同时采用轴承自润滑保持架-储油器-迷宫密封这一润滑油的供给和保持装置，使轴系在低速到较高速的宽速度范围内具有良好的润滑特性和摩擦特性，有效改善了初期磨合及防止启动咬合，进而提高了轴系的使用寿命和可靠性，提高了轴系在低速下的控制精度。



1、一种空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于包括第一陶瓷轴承（1），第二陶瓷轴承（2），碟形弹簧（3），储油器（4），内支撑套（5），外支撑套（6），第一迷宫密封（7），第二迷宫密封（8）；内支撑套（5）连接飞轮定子，外支撑套（6）连接飞轮转子；第一陶瓷轴承（1）和第二陶瓷轴承（2）同轴排列安装在内支撑套（5）与外支撑套（6）之间；第一陶瓷轴承（1）和第二陶瓷轴承（2）的内圈（12）和外圈（9）与滚动体接触的沟道表面有耐磨层；在耐磨层上附有固体润滑涂层；轴承保持架（11）采用具有自润滑性能的高分子复合多孔材料；碟形弹簧（3）安装在第一陶瓷轴承（1）和第二陶瓷轴承（2）之间；储油器（4）安装在碟形弹簧（3）与外支撑套（6）之间的空隙中；第一迷宫密封（7）和第二迷宫密封（8）分别固定安装在内支撑套（5）两端的外表面与外支撑套（6）之间。

2、根据权利要求1所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于第一陶瓷轴承（1）和第二陶瓷轴承（2）的内圈（12）和外圈（9）与滚动体接触的沟道表面的耐磨层材料为 TiC，固体润滑涂层为 MoS₂ 膜或软金属混合物或 MoS₂ 膜与软金属的混合物。

3、根据权利要求2所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于所述固体润滑涂层采用的软金属为金或银。

4、根据权利要求1所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于轴承保持架（11）采用的高分子复合多孔材料由 PTFE 和固体润滑剂组成。

5、根据权利要求4所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于 PTFE 与固体润滑剂的体积比为 100：1。

6、根据权利要求5所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于所述固体润滑剂为 MoS₂ 膜或软金属或 MoS₂ 膜与软金属的混合物，其中软金属为

银。

7、根据权利要求6所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于 MoS_2 与软金属的体积比为 10: 1。

8、根据权利要求1所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于储油器（4）材料采用聚酰亚胺。

9、根据权利要求1、2、3、4、5或者6任意一项权利要求所述的空间飞轮用固液复合润滑轴系，其特征在于第一陶瓷轴承（1）和第二陶瓷轴承（2）采用高精度陶瓷球轴承，陶瓷球（10）表面涂敷全氟烷基硅氧烷。

一种空间飞轮用固液复合润滑轴系

技术领域:

本发明属于空间摩擦学技术领域,涉及一种空间飞轮用固-液复合润滑宽转速范围轴系。

背景技术:

卫星的发展要求姿态控制系统具有高精度和长寿命并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。

姿态控制用飞轮包括偏置动量轮和反作用飞轮,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可控性等特点,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一半,反作用飞轮功能密度降低。当前,反作用飞轮存在的主要问题就是低速下的摩擦磨损以及由此带来的低速下(包括过 0 时)控制精度低,其本质是由于当前飞轮轴系在低速下磨损剧烈、摩擦非线性以及润滑不良等问题造成的。同时,提高飞轮转速可以在相同质量下获得大角动量输出,从而实现飞轮系统的轻量化。

当前,姿态控制飞轮轴系支撑轴承采用钢制角接触球轴承,润滑方式为液体油润滑。油润滑在低速下难于形成良好的弹性流体动压润滑膜,因此低速下的摩擦力矩大、轴承磨损剧烈,这样导致了轴系在低速下控制精度低,对卫星造成了姿态扰动,因此,姿态控制飞轮仅能工作在较高的工作转速下。

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，同时需要额外的供油系统，增加了轴系的体积、重量及复杂性；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相对油润滑来说大；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，但在较高转速磨损剧烈，寿命有限。

发明内容：

针对现有技术存在的低速下的摩擦力矩大、轴承磨损剧烈，导致轴系在低速下控制精度低的问题，本发明提供一种空间飞轮用固液复合润滑轴系，利用固体与液体复合润滑方式，同时采用轴承自润滑保持架—储油器—迷宫密封这一润滑油的供给和保持装置，使轴系在低速到较高速的宽速度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，进而提高轴系的使用寿命和可靠性。

本发明包括第一陶瓷轴承 1，第二陶瓷轴承 2，碟形弹簧 3，储油器 4，内支撑套 5，外支撑套 6，第一迷宫密封 7，第二迷宫密封 8；内支撑套 5 连接飞轮定子，外支撑套 6 连接飞轮转子；第一陶瓷轴承 1 和第二陶瓷轴承 2 同轴排列安装在内支撑套 5 与外支撑套 6 之间，对轴系提供支撑；第一陶瓷轴承 1 和第二陶瓷轴承 2 的内圈 12 和外圈 9 与滚动体接触的沟道表面有耐磨层，耐磨层用以改善其抗磨损性能；在耐磨层上附有固体润滑涂层，固体润滑涂层承载能力大，在轴承启动初期及低速运转时避免了滚动体与轴承的内圈 12 和外圈 9 的直接接触，同时其自身的润滑特性为轴承提供薄膜润滑，减小了启动摩擦力矩，从而使其具有良好的低速特性；轴承保持架 11 采用具有自润滑性能的高分子复合多孔材料，使轴承保持架 11 具有良好的机械性能和自润滑性能；碟形弹簧 3 安装在第一陶瓷轴承 1 和第二陶瓷轴承 2 之间，对轴系提供预紧载荷，保证轴系具有要求的刚度和阻尼；储油器 4 安装在碟形弹簧 3 与外支撑套 6 之间的空隙中，为轴系长期工作提供润滑油供应；第一迷宫密封 7 和第二迷宫密封 8 分别固定安装在内支撑套 5 两端的外表面与外支撑套 6 之间，以减小润滑油损失，限制润滑油损失为分子流损失。

有益效果：本发明利用固体与液体复合润滑方式，同时采用轴承自润滑保持架—储油器—迷宫密封这一润滑油的供给和保持装置，使轴系在低速到较高速的宽速度范围内具有良好的润滑特性和摩擦特性，有效改善了初期磨合及防止启动咬合，进而提高了轴系的使用寿命和可靠性，提高了轴系在低速下的控制精度。

附图说明

图1为本发明结构示意图，也是摘要附图。图中1为第一陶瓷轴承，2第二陶瓷轴承，3碟形弹簧，4储油器，5内支撑套，6外支撑套，7第一迷宫密封，8第二迷宫密封。

图2为本发明第一陶瓷轴承和第二陶瓷轴承的结构示意图，图中9外圈，10陶瓷球，11轴承保持架，12内圈，13内圈沟道，14外圈沟道。

具体实施方式

如图2所示，对于轴系的关键支撑部件—第一陶瓷轴承1和第二陶瓷轴承2，采用的是高精度陶瓷球轴承，并对陶瓷球10进行表面改性，即采用特殊工艺，如涂敷全氟烷基硅氧烷，增加表面的亲油性能，以降低陶瓷球10表面能，以使润滑油能自由、快速地铺满陶瓷球10表面，改善弹流润滑油膜的质量，进而提高轴系的摩擦性能和速度控制精度。陶瓷球10轴承的内圈12和外圈9为轴承钢，对陶瓷球轴承的轴承钢内圈12和外圈9与陶瓷球10接触的内圈沟道13和外圈沟道14表面进行材料表面改性处理，即离子溅射耐磨层，耐磨层材料为TiC，以增强内圈沟道13和外圈沟道14与陶瓷球10接触的表面的耐磨性。在离子溅射TiC表面上附有的固体润滑涂层为轴承提供固体润滑，该固体润滑涂层为MoS₂膜或软金属混合物或MoS₂膜与软金属的混合物，所述软金属为金或银。轴承保持架11采用具有自润滑性能的高分子复合多孔材料制作，该高分子复合多孔材料由PTFE（聚四氟乙烯）和固体润滑剂组成，PTFE（聚四氟乙烯）与固体润滑剂的体积比为100：1；所述固体润滑剂为MoS₂膜或软金属或MoS₂膜与软金属的混

合物，其中软金属为金或银， MoS_2 与软金属按体积比 10: 1 混合。

如图 1 所示，储油器 4 材料采用多孔材料—聚酰亚胺，利用多孔聚酰亚胺材料对润滑油的吸附性能用作储油器 4，在轴系工作时通过离心力作用和虹吸原理向轴承供油，保证轴系在整个工作期间良好的润滑状况。

本发明中利用沉积技术在第一陶瓷轴承和第二陶瓷轴承内外圈离子溅射 TiC 表面，并在 TiC 表面附上 MoS_2 或软金属混合物或 MoS_2 膜与软金属的混合物的固体润滑涂层，固体润滑涂层承载能力大，在轴承启动初期及低速运转时避免了陶瓷滚珠与轴承内、外圈的直接接触，同时其自身的润滑特性为轴承提供薄膜润滑，减小了启动摩擦力矩，从而使其具有良好的低速特性。当转子到达一定速度后，液体润滑油随着轴承的转动形成弹流薄膜，此时润滑为液体润滑油的弹流润滑，从而保证了轴承在中高速下的良好性能。

本发明采用固液复合润滑方式可以有效减小轴系的摩擦及磨损，有效改进了初期磨合、防止启动咬合、改善轴系低速性能、提高轴系低速时的控制精度以及提高轴系的使用寿命。

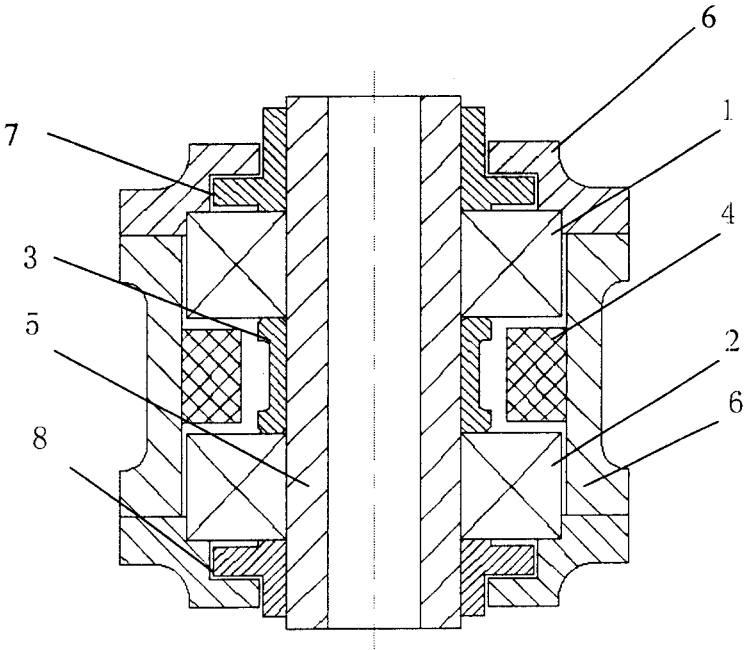


图 1

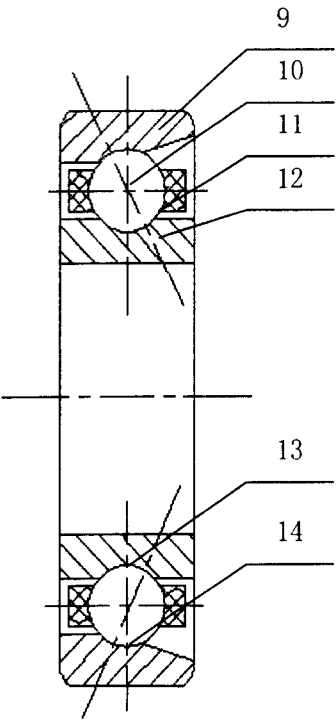


图 2.