



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102749195 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 18

(21) 申请号 201210234963. 9

特性测试研究. 《西安交通大学学报》. 2011, 第 45 卷 (第 5 期),

(22) 申请日 2012. 07. 06

审查员 李瑞丽

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 蒋书运 程峰

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

G01M 13/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2000-9597 A, 2000. 01. 14,

JP 特开 2005-207764 A, 2005. 08. 04,

CN 101876590 A, 2010. 11. 03,

CN 102169071 A, 2011. 08. 31,

CN 102269654 A, 2011. 12. 07,

马石磊等. 高速动静压轴承支承主轴系统动

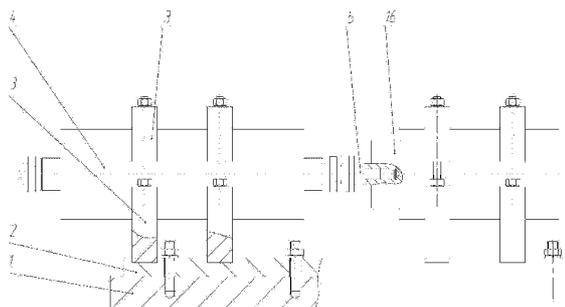
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置

(57) 摘要

本发明公开了一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,包括轴系部件、加载部件、支撑部件、驱动系统、供水系统和测量系统,该装置采用两个具有一定跨距的水轴承支撑的轴系结构,轴系的两端施加静态载荷,电主轴直接驱动轴系高速旋转,利用不平衡块模拟动载荷的工况环境,轴瓦与气体密封可以灵活拆卸,能用于高速水轴承的气体密封试验、空蚀与减阻试验及油膜动态特性系数的辨识试验等,为高速水轴承的研发与应用提供可靠的模拟试验环境和评价方法。



1. 一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,其特征在于:包括轴系部件、加载部件、支撑部件、驱动系统、供水系统和测量系统;

所述轴系部件通过支撑部件安装在工作台的底板上,轴系部件包括试验轴瓦、气体密封件、小孔节流器、套筒、O形橡胶密封圈、主轴和端盖,所述主轴上安装有两个试验轴瓦,试验轴瓦上安装有套筒,套筒的外端设有端盖,套筒和端盖内设有气体密封件,气体密封件与空气压缩机连接,试验轴瓦内设有小孔节流器,试验轴瓦与气体密封件的内部、试验轴瓦与小孔节流器之间均设有O形橡胶密封圈;

所述加载部件包括力加载机构、深沟球加载轴承和不平衡块,所述深沟球加载轴承安装在所述主轴的两端,所述力加载机构通过绳索吊装在深沟球加载轴承上,所述主轴的两端面和质心平面安装有不平衡块;

所述驱动系统包括高速电主轴,高速电主轴上的联轴器与所述主轴上的联轴器柔性连接,高速电主轴通过支撑部件安装在工作台的底板上;

所述供水系统通过管道与所述套筒上部的进水口、套筒下部的出水口、所述试验轴瓦外圆面中部开有的环形供水槽形成环路,所述气体密封件与端盖之间设有泄漏出水口;

所述测量系统包括用于气体密封试验的水泄漏量测试仪、用于减阻试验的测温仪、用于动态特性系数识别试验的振动传感器和相位传感器、用于空蚀试验的蚀坑形貌测量仪。

2. 根据权利要求1所述的一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,其特征在于:所述支撑部件为固定于所述底板的等高V型块。

3. 根据权利要求1所述的一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,其特征在于:所述力加载机构为砝码、液压缸或气压缸。

4. 根据权利要求1所述的一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,其特征在于:所述气体密封试验是通过水泄漏量测试仪测试所述泄漏出水口的水泄漏量,通过单位时间内的水泄漏量值以检验不同气体密封件的密封效果。

5. 根据权利要求1所述的一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置,其特征在于:所述减阻试验是采用测温仪测量所述进水口、出水口水的温升,进而判别高速工况下不同水轴承的摩擦功率消耗。

## 一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置, 能实现不同的转速和负载时, 对不同的轴承结构和材料进行空蚀、减阻、密封及动态特性等试验的装置, 属于润滑及轴承技术领域。

### 背景技术

[0002] 高速水轴承具有粘-温特性好、刚度高、阻尼特性好、精度高、寿命长等一系列优点, 已经在高速高精度数控机床的主轴单元中得到成功的应用。然而, 与传统油轴承相比, 高速水轴承更容易发生空蚀破坏, 且仍具有大的湍流摩擦功耗, 如果长期工作, 能造成振动、噪音、失稳、材料破坏、寿命降低等不利因素, 甚至发生严重的事故。因此, 通过试验装置测试轴承的抗空蚀与减阻性能以及识别其动态特性系数成为水润滑领域研究的难点, 关系着高速水轴承在高速旋转机械领域能否深入推广和应用。

[0003] 目前, 国际上比较成熟的空蚀试验装置有振动空蚀装置和旋转圆盘空蚀装置, 专门用于标准小样件材料的空蚀性能试验, 但其测试条件与高速水轴承的实际工况存在很大差异, 不能满足水轴承性能试验的要求。此外, 国内专利涉及一些关于轴承性能的试验的装置: CN201203522Y 公开一种砝码和杠杆加载的水润滑径向轴承试验装置, CN201130095Y 公开压力供油加载的径向滑动轴承试验台, CN2924697Y 公开板簧加载的滚动轴承试验台, CN201152812Y 还公开径向动静压气体轴承实验台等。这些装置的试验条件比较接近轴承的实际工况, 但是一般采用倒置结构, 加载机构和测量系统非常复杂, 主要用于测量油膜压力和温升, 或者是测试滑动轴承的性能和寿命, 并未涉及到轴承的空蚀、减阻和气体密封问题, 也不能进行动态参数识别, 无法满足高速水轴承性能试验的要求。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足, 提供一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置, 该装置采用两个具有一定跨距的水轴承支撑的轴系结构, 轴系的两端施加静态载荷, 电主轴直接驱动轴系高速旋转, 利用不平衡块模拟动载荷的工况环境, 轴瓦与气体密封可以灵活拆卸, 能用于高速水轴承的气体密封试验、空蚀与减阻试验及油膜动态特性系数的辨识试验等, 为高速水轴承的研发与应用提供可靠的模拟试验环境和评价方法。

[0005] 本发明采用的技术方案为: 一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置, 包括轴系部件、加载部件、支撑部件、驱动系统、供水系统和测量系统;

[0006] 所述轴系部件通过支撑部件安装在工作台的底板上, 轴系部件包括试验轴瓦、气体密封件、小孔节流器、套筒、O形橡胶密封圈、主轴和端盖, 所述主轴上安装有两个试验轴瓦, 试验轴瓦上安装有套筒, 套筒的外端设有端盖, 套筒和端盖内设有气体密封件, 气体密封件与空气压缩机连接, 试验轴瓦内设有小孔节流器, 试验轴瓦与气体密封件的内部、试验轴瓦与小孔节流器之间均设有O形橡胶密封圈;

[0007] 所述加载部件包括力加载机构、深沟球加载轴承和不平衡块, 所述深沟球加载轴

承安装在所述主轴的两端,所述力加载机构通过绳索吊装在深沟球加载轴承上,所述主轴的两端面 and 质心平面安装有不平衡块;

[0008] 所述驱动系统包括高速电主轴,高速电主轴上的联轴器与所述主轴上的联轴器柔性连接,高速电主轴通过支撑部件安装在工作台的底板上;

[0009] 所述供水系统通过管道与所述套筒上部的进水口、套筒下部的出水口、所述试验轴瓦外圆面中部开有的环形供水槽形成环路,所述气体密封件与端盖之间设有泄露出水口;

[0010] 所述测量系统包括用于气体密封试验的水泄露量测试仪、用于减阻试验的测温仪、用于动态特性系数识别试验的振动传感器和相位传感器、用于空蚀试验的蚀坑形貌测量仪。

[0011] 作为优选,所述支撑部件为固定于所述底板的等高 V 型块。

[0012] 作为优选,所述力加载机构为砝码、液压缸或气压缸。

[0013] 作为优选,所述气体密封试验是通过水泄露量测试仪测试所述泄露出水口的水泄漏量,通过单位时间内的水泄漏量值以检验不同气体密封件的密封效果。

[0014] 作为优选,所述减阻试验是采用测温仪测量所述进水口、出水口水的温升,进而判别高速工况下不同水轴承的摩擦功率消耗。

[0015] 作为优选,所述动态特性系数识别试验是利用人为附加的不平衡质量作为激励,采用振动传感器和相位传感器测量空蚀工况下水轴承的径向跳动度和不平衡块的相位,进而通过动力响应方程识别不同转速和加载载荷下水轴承的动态特性系数。

[0016] 作为优选,所述空蚀试验是采用蚀坑形貌测量仪,测量水轴承的蚀坑形貌。

[0017] 本发明采用带气体密封的两个高速水轴承支撑的轴系结构,主轴、轴瓦、气体密封件拆卸灵活,更换简便,其特点之一在于试验时可根据设计要求对轴瓦进行多种静压或动静压轴承的结构及尺寸设计,也可以对轴承的材料或其表面喷涂材料进行变更,来满足空蚀试验的轴承结构和材料要求,特点之二在于试验时可以根据需要变更气体密封件的结构,来保证轴承性能试验的密封要求;加载部件:在主轴的两端分别安装球轴承,通过力加载机构对两端球轴承座施加力的方式,以实现水轴承的静态加载及静态偏心,同时在主轴的质心平面或两端端面安装不平衡块以施加动不平衡力,来满足水轴承试验的动载荷要求;驱动系统:采用高速大功率的电主轴以提供驱动动力,其输出端的联轴器为柔性联接,实现高速下运动和动力的顺利传递;供水系统:采用变频调速电机驱动高压泵,保证压力可调的情况下,输出恒定的供水压力,实现良好的润滑;密封系统:气体动密封与 O 形橡胶静密封相结合,防止水的泄漏和外部灰尘或飞溅液体进入轴承内部,影响轴承性能;支撑部件:采用 V 型支撑结构,分别支撑轴系部件和高速电主轴;测量系统:采用测温仪测量空蚀工况下水轴承的进、出口水的温升,采用振动传感器和相位传感器测量空蚀工况下水轴承的径向跳动度和不平衡块的相位,采用扫描电镜方式,测量水轴承的空蚀形貌。

[0018] 有益效果:本发明试验装置结构紧凑、合理,易于加工制造,轴瓦和气体密封拆卸灵活,更换简便,能够在不同静载荷及动载荷工况下,对水轴承的密封性能、温升、动态特性和空蚀形貌等进行测试,填补了高速水轴承空蚀、减阻和密封等试验的空白,为高速水轴承的研制成功奠定了基础。

## 附图说明

[0019] 图 1 为本发明的总体结构简图；

[0020] 图 2 为本发明的轴系部件结构示意图。

## 具体实施方式

[0021] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0022] 如图 1 和 2 所示：一种带气体密封的高速水轴承性能试验装置，其核心部分是带气体密封的轴系部件 4，主要由试验轴瓦 14、气体密封件 12、小孔节流器 13、套筒 20、O 形橡胶密封圈 19、主轴 18、端盖 11 等组成。实例中两个具有一定跨距的水轴承的直径为 52mm，主轴 18 与试验轴瓦 14 的初始安装径向间隙为 20 $\mu$ m；安装时，先将试验轴瓦 14 从两端小间隙装入套筒 20，然后将气体密封件 12 从两端间隙装入套筒 20，并通过调节端盖 11 上的内六角圆柱头螺钉，压紧气体密封件 12 和试验轴瓦 14，最后插入主轴 18，主轴 18 的两端和质心平面上攻有螺纹，用以安装不平衡块 9；试验轴瓦 14 与气体密封件 12 的内部安装有 O 型橡胶密封圈 19，用于密封轴承内部的水路和气路，小孔节流器 13 与试验轴瓦 14 间也采用 O 型橡胶密封圈 19 密封，并用螺纹压紧，方便更换；在套筒 20 的上部开螺纹孔作为供水入口，下部开螺纹孔作为出水口，二者与外部供水系统 6 形成环路，试验轴瓦 14 的外圆面中部开有环形供水槽，高压水经过两个试验轴承后由两端端泄，分别由第一出水口 21、第二出水口 22 与第三出水口 23 排出；两个气体密封件 12 的上部开螺纹孔作为供气入口，与外部空气压缩机 15 相连通，气体密封件 12 的内圆面开有环形供气槽，气体通过回转间隙，一路排向周围环境，一路与回水槽中的水汇合后从第一出水口 21 与第三出水口 23 排出，以达到密封效果，如果密封失效，则气水两相流会从泄露出水口 24 排出。

[0023] 外围部分包括高速电主轴 16、供水系统 6、空气压缩机 15、加载砝码 17、V 型块 3、工作台 1、底板 2 等。这里选用转速 30000RPM、功率 7.5KW 的高速电主轴 16(4SD30-4)，其输出端安装有联轴器 5，直接与主轴 18 的联轴器 5 柔性连接，驱动轴系高速旋转，能满足轴承表面线速度 80m/s 的高速要求，试验时也可以根据需要调整变频器实现不同的轴承转速；供水系统 6 采用变频恒压供水设备 2DRL2-22，试验时可以调整不同的供给压力来满足试验要求；供气密封系统采用空气压缩机 15，试验时可以调整不同的供气压力供入气体密封件 12 来满足密封性能的要求；加载砝码 17 通过绳索将静载荷施加于主轴 18 两端安装的深沟球加载轴承 8 上，用于试验时产生不同的静态偏心率。

[0024] 测量部分包括测试高速水轴承的泄露出水口的水泄漏量、进出口温升、空蚀形貌及旋转轴系的跳动度等，主要用于高速水轴承的气体密封试验、空蚀与减阻试验及油膜动态特性系数的辨识试验等。试验开始时，测试泄露出水口 24 的水泄漏量，以检测气体密封件 12 的密封效果；试验中，需按照一定规律的时间间隔（例如 1 小时），使用红外测温仪（FLUKE F66）测量轴承的进、出水口的温升；振动传感器 10 用于实时测量主轴 18 的端面跳动度，并转化为两个水轴承的轴心位置，另外采用光纤相位传感器 7 安装于主轴 18 端面附近，用于测量不平衡块 9 的相位，进而通过动力响应方程识别不同转速和加载载荷下水轴承的动态特性系数；空蚀试验后，拆卸试验轴瓦 14 和主轴 18，采用扫描电镜（SEM）方式测量其表面空蚀形貌。

[0025] 应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，

还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。本实施例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

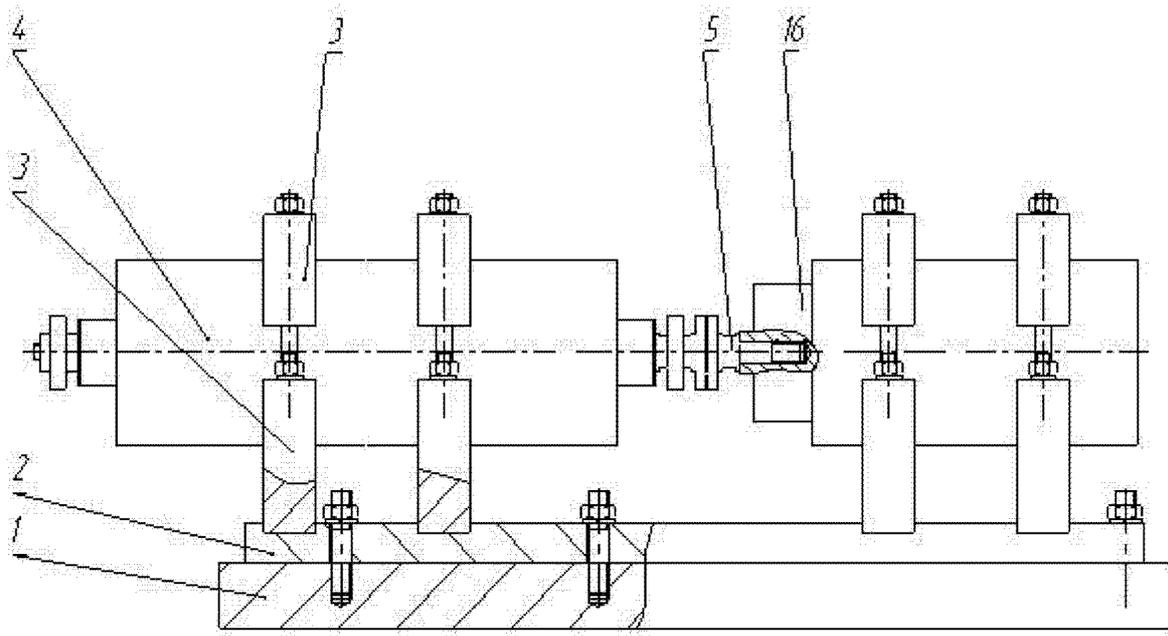


图 1

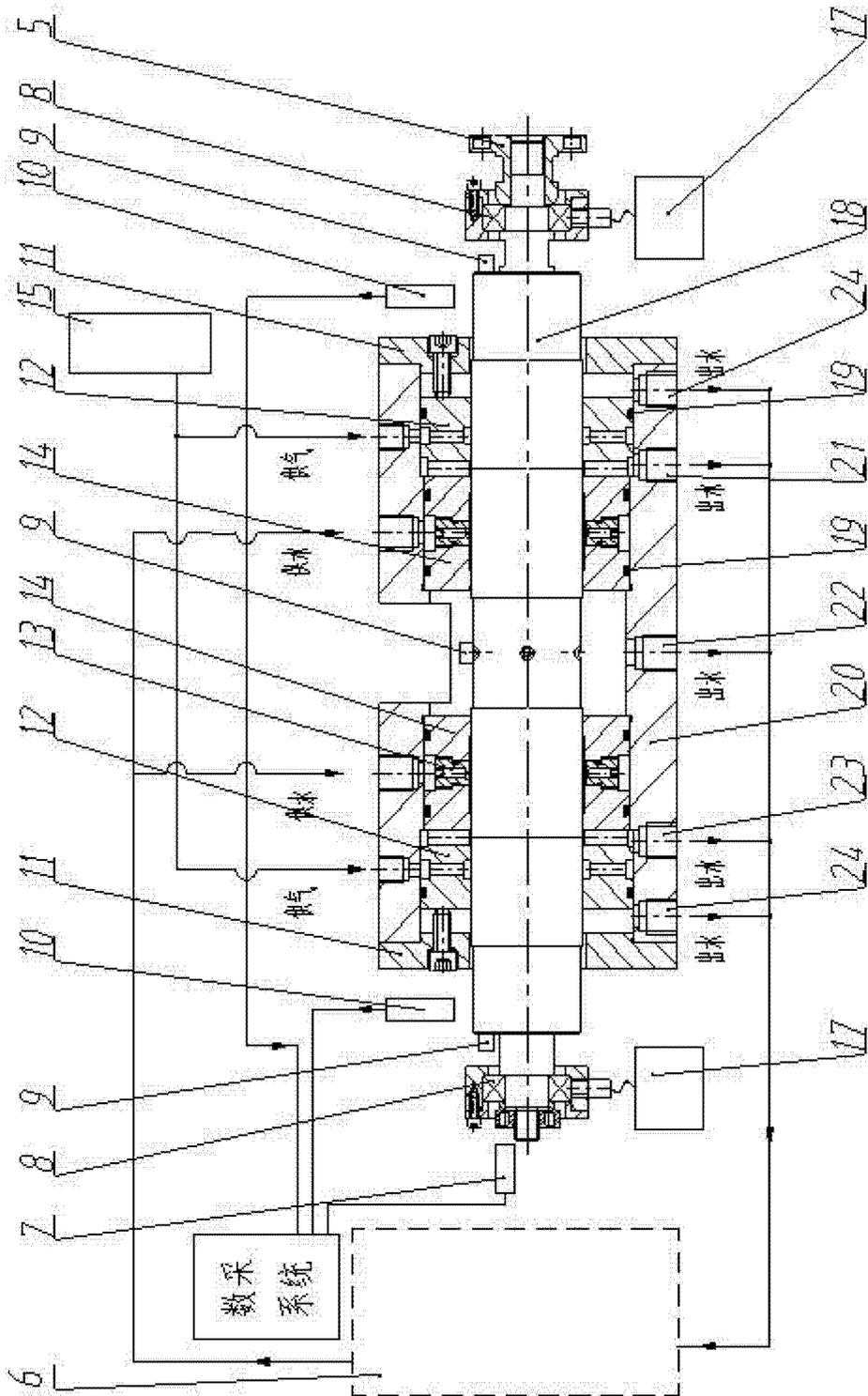


图 2