



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101893512 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 24

(21) 申请号 201010217017. 4

(22) 申请日 2010. 07. 05

(71) 申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

(72) 发明人 张广鹏 谢永康 段耀东 郭纯

黄玉美

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 罗笛

(51) Int. Cl.

G01M 13/04 (2006. 01)

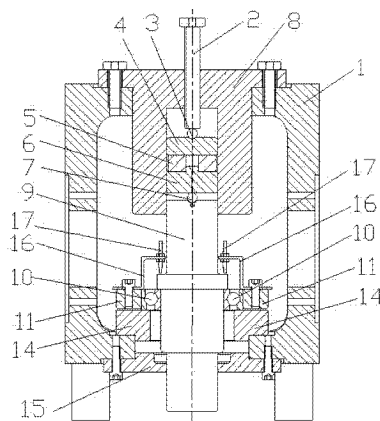
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

## (54) 发明名称

一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置

## (57) 摘要

本发明提供一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置, 包括固定试验装置的方箱, 由模拟轴支承轴承, 轴承外套有外环套, 轴向和径向加载装置, 轴向位移和径向位移测量装置; 轴向位移测量采用两套位移传感器, 可检测轴承是否发生偏转; 径向位移测量采用两套位移传感器, 可以检测两轴承所承受的径向载荷是否相同; 通过定位环及加载套筒实现轴向刚度测试时的模拟轴定位。采用模块化结构设计, 可以实现不同尺寸系列角接触球轴承的静刚度测试, 同时可以进行轴向刚度、径向刚度的测试。本装置结构简单, 功能多, 适用范围宽, 可以获得真实的角接触球轴承刚度值, 对研究角接触球轴承静态性能及确定合理的轴承的预紧力具有重要意义。



1. 一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置,其特征在于:包括方箱(1)、加载装置和位移测试单元;所述位移测试单元包括轴向位移测试单元和径向位移测试单元;

所述加载装置包括固定在方箱(1)上端的加载套筒(8)、穿过加载套筒(8)的加载螺钉(2)和力传感器(5);

所述轴向位移测试单元包括轴向刚度测试模拟轴(9)和轴向位移传感器(17);所述方箱(1)下端固定有定位环(15),轴向刚度测试模拟轴(9)的上端位于加载套筒(8)中,下端位于定位环(15)中,轴向刚度测试模拟轴(9)的中轴线与加载螺钉(2)的中轴线位于同一条直线上;轴向刚度测试模拟轴(9)上设置有被测角接触球轴承(10),被测角接触球轴承(10)外侧套有外环套A(11);所述外环套A(11)上设置有轴向位移传感器支架(16),轴向位移传感器支架(16)上设置有轴向位移传感器(17);所述力传感器(5)位于加载螺钉(2)与轴向刚度测试模拟轴(9)顶端之间;

所述径向位移测试单元包括径向刚度测试模拟轴(19)和径向位移传感器(24);径向刚度测试模拟轴(19)的中轴线与加载螺钉(2)的中轴线垂直相交;径向刚度测试模拟轴(19)上设置有两个被测角接触球轴承(10),这两个被测角接触球轴承(10)外侧套有外环套B(22);所述两个被测角接触球轴承(10)之间的径向刚度测试模拟轴(19)上套有内隔套(20),内隔套(20)外部设置有外隔套(21),外隔套(21)设置在外环套B(22)内侧;所述外环套B(22)上设置有径向位移传感器支架(23),径向位移传感器支架(23)上设置有径向位移传感器(24);所述的力传感器(5)位于加载螺钉(2)与外环套B(22)之间。

2. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:所述的加载螺钉(2)与轴向刚度测试模拟轴(9)顶端之间依次设置钢球A(3)、垫块A(4)、力传感器(5)、垫块B(6)和钢球B(7),且加载螺钉(2)、钢球A(3)、钢球B(7)和轴向刚度测试模拟轴(9)的中轴线都位于同一条直线上。

3. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:所述外环套A(11)和被测角接触球轴承(10)外圈的下端与方箱(1)底部之间还设置有轴向承载套(14)。

4. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:轴向位移传感器支架(16)上设置有两个轴向位移传感器(17),且分别位于轴向刚度测试模拟轴(9)的左右两侧。

5. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:所述加载螺钉(2)与外环套B(22)之间依次设置钢球A(3)、垫块A(4)、力传感器(5)、垫块B(6)和钢球B(7),且加载螺钉(2)、钢球A(3)和钢球B(7)的中轴线位于同一条直线上,与径向刚度测试模拟轴(19)的中轴线垂直相交,即两条垂直的中轴线位于同一平面。

6. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:所述径向刚度测试模拟轴(19)上设有两个螺母(25),两个被测角接触球轴承(10)设置在径向刚度测试模拟轴(19)上且位于两个螺母(25)之间,螺母(25)与被测角接触球轴承(10)之间设置有隔环(26)。

7. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:所述方箱(1)两侧分别固定有两个端套(27),两个端套(27)上还分别设置有调节螺钉(12),径向刚度测试模拟轴(19)的两端分别位于两个端套(27)中,且卡在两个调节螺钉(12)之间。

8. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:外环套B(22)通过轴承端盖(13)与被测角接触球轴承(10)外圈连接。

9. 根据权利要求1所述的静刚度试验装置,其特征在于:径向位移传感器支架(23)上

设置有两个径向位移传感器(24),这两个径向位移传感器(24)分别位于径向刚度测试模拟轴(19)两端附近,且以加载螺钉(2)的中轴线为对称线左右对称设置。

## 一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于机械设计制造技术领域,具体涉及一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置。

### 背景技术

[0002] 角接触球轴承以其能够同时承受轴向力及径向力、高速性、预紧力可调等优势,而成为机械传动领域中应用最为广泛的支承元件,尤其在机床行业中,角接触球轴承是目前高速机床主轴、滚珠丝杠的主要支承元件。由于机床主轴是执行部件,角接触球轴承的静、动态性能将直接影响着机床加工质量及生产效率,因此研究角接触球轴承的特性具有重要意义。

[0003] 由于角接触球轴承的静、动态特性受轴承制造质量的影响很大,不同厂家生产的同一种规格的轴承,其静、动态特性相差较大,而且轴承是作为一个单元件来使用,因此通过试验方法获取轴承静、动态特性参数(静刚度、动刚度、阻尼等)具有重要意义。

[0004] 获取轴承的静、动态特性参数,可以为机床主轴部件的静动态特性预测、加工质量预报、轴承合理选配等提供科学依据。静刚度是角接触球轴承一项很重要的性能参数,目前国外轴承的样本只有极少部分提供轴承产品的静态刚度数据,而绝大部分轴承公司只在企业内部做轴承产品静刚度试验,对外并不公布相关的轴承刚度参数;国内轴承厂家的轴承样本几乎不提供相关的轴承产品的刚度参数,这样就给机床设计中合理选配轴承造成困难。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置,以克服现有技术没有专门针对角接触球轴承进行静刚度的试验装置。

[0006] 本发明采用的技术方案为:一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置,包括方箱、加载装置和位移测试单元;位移测试单元包括轴向位移测试单元和径向位移测试单元;加载装置包括固定在方箱上端的加载套筒、穿过加载套筒的加载螺钉和力传感器;轴向位移测试单元包括轴向刚度测试模拟轴和轴向位移传感器;方箱下端固定有定位环,轴向刚度测试模拟轴的上端位于加载套筒中,下端位于定位环中,轴向刚度测试模拟轴的中轴线与加载螺钉的中轴线位于同一条直线上;轴向刚度测试模拟轴上设置有被测角接触球轴承,被测角接触球轴承外侧套有外环套A;外环套A上设置有轴向位移传感器支架,轴向位移传感器支架上设置有轴向位移传感器;力传感器位于加载螺钉与轴向刚度测试模拟轴顶端之间;径向位移测试单元包括径向刚度测试模拟轴和径向位移传感器;径向刚度测试模拟轴的中轴线与加载螺钉的中轴线垂直相交;径向刚度测试模拟轴上设置有两个被测角接触球轴承,这两个被测角接触球轴承外侧套有外环套B;两个被测角接触球轴承之间的径向刚度测试模拟轴上套有内隔套,内隔套外部设置有外隔套,外隔套设置在外环套B内侧;外环套B上设置有径向位移传感器支架,径向位移传感器支架上设置有径向位移传感器;力传

感器位于加载螺钉与外环套 B 之间。

[0007] 其特点在于,加载螺钉与轴向刚度测试模拟轴顶端之间依次设置钢球 A、垫块 A、力传感器、垫块 B 和钢球 B,且加载螺钉、钢球 A、钢球 B 和轴向刚度测试模拟轴的中轴线都位于同一条直线上。

[0008] 其中,外环套 A 和被测角接触球轴承外圈的下端与方箱底部之间还设置有轴向承载套。

[0009] 其中,轴向位移传感器支架上设置有两个轴向位移传感器,且分别位于轴向刚度测试模拟轴的左右两侧。

[0010] 其特点还在于,加载螺钉与外环套 B 之间依次设置钢球 A、垫块 A、力传感器、垫块 B 和钢球 B,且加载螺钉、钢球 A 和钢球 B 的中轴线位于同一条直线上,与径向刚度测试模拟轴的中轴线垂直相交,即两条垂直的中轴线位于同一平面。

[0011] 其中,径向刚度测试模拟轴上设有两个螺母,两个被测角接触球轴承设置在径向刚度测试模拟轴上且位于两个螺母之间,螺母与被测角接触球轴承之间设置有隔环。

[0012] 其中,方箱两侧分别固定有两个端套,两个端套上还分别设置有调节螺钉,径向刚度测试模拟轴的两端分别位于两个端套中,且卡在两个调节螺钉之间。

[0013] 其中,外环套 B 通过轴承端盖与被测角接触球轴承外圈连接。

[0014] 其中,径向位移传感器支架上设置有两个径向位移传感器,这两个径向位移传感器分别位于径向刚度测试模拟轴两端附近,且以加载螺钉的中轴线为对称线左右对称设置。

[0015] 本发明的有益效果是,以角接触球轴承为试验对象,提供一种角接触球轴承静刚度试验装置,从而可以获得角接触球轴承轴向刚度、及不同预紧力作用下的径向刚度曲线,为角接触球轴承预紧力的合理选择及角接触球轴承的合理选配提供依据。本装置结构简单,功能多,适用范围宽,可以获得真实的角接触球轴承刚度值,对研究角接触球轴承静态性能及确定合理的轴承的预紧力具有重要意义。

## 附图说明

[0016] 图 1 是本发明的单个轴承的轴向静刚度试验装置结构示意图;

图 2 是本发明的两联轴承的轴向静刚度试验装置结构示意图;

图 3 是本发明的三联轴承的轴向静刚度试验装置结构示意图;

图 4 是本发明轴承径向静刚度试验装置结构示意图;

图 5 是图 4 的 A 部放大图。

[0017] 图中,1. 方箱,2. 加载螺钉,3. 钢球 A,4. 垫块 A,5. 力传感器,6. 垫块 B,7. 钢球 B,8. 加载套筒,9. 轴向刚度测试模拟轴,10. 被测角接触球轴承,11. 外环套 A,12. 调节螺钉,13. 轴承端盖,14. 轴向承载套,15. 定位环,16. 轴向位移传感器支架,17. 轴向位移传感器,18. 垫环,19. 径向刚度测试模拟轴,20. 内隔套,21. 外隔套,22. 外环套 B,23. 径向位移传感器支架,24. 径向位移传感器,25. 螺母,26. 隔环,27. 端套。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0019] 本发明公开了一种模块化角接触球轴承静刚度试验装置,包括方箱 1、加载装置和位移测试单元;位移测试单元包括轴向位移测试单元和径向位移测试单元。

[0020] 如图 1 所示,加载装置(反映轴承所受的轴向力)包括加载套筒 8 和穿过加载套筒 8 的加载螺钉 2,加载套筒 8 通过螺钉固定在方箱 1 上端;轴向位移测试单元包括轴向刚度测试模拟轴 9(模拟轴承内孔与轴的连接)和轴向位移传感器 17;方箱 1 的下端固定有定位环 15,轴向刚度测试模拟轴 9 的上端位于加载套筒 8 中,下端位于定位环 15 中,通过加载套筒 8 和定位环 15 对轴向刚度测试模拟轴 9 的上端和下端进行定位,保证载荷通过轴向刚度测试模拟轴 9 的轴心线;轴向刚度测试模拟轴 9 上设置有被测角接触球轴承 10,被测角接触球轴承 10 的外侧套有外环套 A11(模拟轴承外圆与箱体的连接),外环套 A11 和被测角接触球轴承 10 外圈的下端与方箱 1 底部之间还设置有轴向承载套 14,用于支撑被测角接触球轴承 10 外圈;外环套 A11 上设置有轴向位移传感器支架 16,轴向位移传感器支架 16 上设置有两个轴向位移传感器 17,分别位于轴向刚度测试模拟轴 9 的左右两侧。加载螺钉 2 与轴向刚度测试模拟轴 9 顶端之间依次设置钢球 A3、垫块 A4、力传感器 5、垫块 B6 和钢球 B7,且加载螺钉 2、钢球 A3、钢球 B7 和轴向刚度测试模拟轴 9 的中轴线位于同一条直线上。

[0021] 在对角接触球轴承 10 轴向刚度试验中,加载螺钉 2 将作用力经过钢球 A3、垫块 A4、力传感器 5、垫块 B6、钢球 B7 施加给轴向刚度测试模拟轴 9 的上端,从而实现轴向加载,轴向载荷大小通过力传感器 5 测得。由于外环套 A11 与被测角接触球轴承 10 的外圈接触,轴向刚度测试模拟轴 9 的轴肩与被测角接触球轴承 10 的内圈接触,轴向位移传感器 17 固定在轴向位移传感器支架 16 上,轴向位移传感器支架 16 固定在外环套 A11 上,因此,通过两个轴向位移传感器 17 测得的是被测角接触球轴承 10 内外圈之间的相对位移,这是被测角接触球轴承 10 的轴向变形,通过对所测得的轴向载荷及对应的轴向位移值进行拟合,可以得到轴向载荷与被测角接触球轴承 10 轴向变形之间的函数关系曲线,若对该函数进行求导即可获得被测角接触球轴承 10 轴向刚度与轴向载荷之间的关系曲线。这里采用两个轴向位移传感器 17,且分别位于轴向刚度测试模拟轴 9 的左右两侧,目的是可以监测被测角接触球轴承 10 在加载过程中是否发生倾斜,从而保证测量值的有效性。

[0022] 如图 2、3 所示,再对两联组配、三联组配的被测角接触球轴承 10 轴向刚度试验中,只需要更换外环套 A11,使得外环套 A11 套在两联组配、三联组配的被测角接触球轴承 10 外侧;另外在加载套筒 8 与方箱 1 之间可以设置垫环 18,来垫高加载套筒 8 的高度,从而将轴向刚度测试模拟轴 9 向上提升一定的高度,以适应多联组配轴承的刚度测试。所以只需更换外环套 A11 及垫环 18,就可以实现两联组配、三联组配轴承的轴向刚度测试。

[0023] 如图 4 所示,加载装置(反映轴承所受的径向力)包括加载套筒 8 和穿过加载套筒 8 的加载螺钉 2,加载套筒 8 通过螺钉固定在方箱 1 上端。径向位移测试单元包括径向刚度测试模拟轴 19(模拟轴承内孔与轴的连接)和径向位移传感器 24;方箱 1 左右两侧分别固定有两个端套 27,两个端套 27 上还分别设有调节螺钉 12,径向刚度测试模拟轴 19 的两端分别位于两个端套 27 中,且卡在两个调节螺钉 12 之间。径向刚度测试模拟轴 19 的中轴线与加载螺钉 2 的中轴线垂直相交,两条垂直的中轴线位于同一平面;径向刚度测试模拟轴 19 上设置有两个被测角接触球轴承 10;径向刚度测试模拟轴 19 上拧有两个螺母 25,两个被测角接触球轴承 10 设置在两个螺母 25 之间的径向刚度测试模拟轴 19 上,且螺母 25 与被测角接触球轴承 10 之间设置有隔环 26,在径向刚度测试模拟轴 19 上设置两个螺母 25 的

目的是将两个被测角接触球轴承 10 固定在径向刚度测试模拟轴 19 上。两个被测角接触球轴承 10 外侧套有外环套 B22 (模拟轴承外圆与箱体的连接), 外环套 B22 通过两个轴承端盖 13 与被测角接触球轴承 10 外圈连接; 如图 5 所示, 两个被测角接触球轴承 10 之间的径向刚度测试模拟轴 19 上套有内隔套 20、外环套 B22 内侧设有外隔套 21, 外隔套 21 和内隔套 20 同时位于两个被测角接触球轴承 10 之间且呈内外设置。外环套 B22 上设置有径向位移传感器支架 23, 径向位移传感器支架 23 上设置有两个径向位移传感器 24, 这两个径向位移传感器 24 分别位于径向刚度测试模拟轴 19 两端附近, 且以加载螺钉 2 的中轴线为对称线呈左右对称设置。加载螺钉 2 与外环套 B22 之间依次设置钢球 A3、垫块 A4、力传感器 5、垫块 B6 和钢球 B7, 且加载螺钉 2、钢球 A3 和钢球 B7 的中轴线位于同一条直线上, 与径向刚度测试模拟轴 19 的中轴线垂直相交, 即两条垂直的中轴线位于同一平面。

[0024] 在对被测角接触球轴承 10 径向刚度试验中, 由于被测角接触球轴承 10 接触角的存在, 单个被测角接触球轴承 10 的径向刚度难以测量, 本装置对两个相同被测角接触球轴承 10 进行对称安装 (两个相同被测角接触球轴承 10 是以加载螺钉 2 的中轴线为对称线在径向刚度测试模拟轴 19 上左右对称安装), 测试其径向刚度, 取其一半作为单个被测角接触球轴承 10 的径向刚度, 这时的两个被测角接触球轴承 10 的预紧力直接影响其径向刚度值, 如图 5 所示, 在两个被测角接触球轴承 10 之间设置内隔套 20 和外隔套 21, 通过内外隔套的厚度差值 (内隔套 20 的厚度为  $h_2$ , 外隔套 21 的厚度为  $h_1$ , 内外隔套的厚度差值也就是  $h_1$  与  $h_2$  的差值) 控制预紧力大小。通过加载螺钉 2 将作用力经过钢球 A3、垫块 A4、力传感器 5、垫块 B6 和钢球 B7 施加给外环套 B22, 径向载荷大小通过力传感器 5 测得, 被测角接触球轴承 10 的径向位移通过径向位移传感器 24 测得。由于径向位移传感器 24 通过径向位移传感器支架 23 固定在外环套 B22 上, 被测角接触球轴承 10 的内圈与径向刚度测试模拟轴 19 接触, 因此两个径向位移传感器 24 测得的径向相对位移是被测角接触球轴承 10 轴承本身、被测角接触球轴承 10 与外环套 B22 结合部、被测角接触球轴承 10 与径向刚度测试模拟轴 19 结合部三者的变形之和 (为了叙述方便, 称之为轴承径向位移), 这与实际情况是相符合的, 原因是轴承使用时必须与箱体 (外环套)、轴相互接触。

[0025] 在角接触球轴承径向刚度试验中, 通过测试不同预紧力作用下的轴承径向位移与被测角接触球轴承 10 承径向载荷, 可以拟合出该两者之间的函数关系曲线, 再通过对该函数求导, 进一步得到不同预紧力作用下, 被测角接触球轴承 10 承径向载荷与径向刚度之间的关系曲线。

[0026] 径向刚度测试模拟轴 19 安装在两个端套 27 上是以加载螺钉 2 的中轴线为对称线的对称结构, 且径向刚度测试模拟轴 19 的中轴线与加载螺钉 2 的中轴线垂直相交。两个相同的被测角接触球轴承 10 也是以加载螺钉 2 的中轴线为对称线对称安装在径向刚度测试模拟轴 19 上的。两个径向位移传感器 24 分别位于径向刚度测试模拟轴 19 两端附近, 且以加载螺钉 2 的中轴线为对称线呈左右对称设置。因此两套径向位移传感器 24 可以监测径向刚度测试模拟轴 19 是否发生偏转; 通过调节两个调节螺钉 12 可以调整径向刚度测试模拟轴 19 的轴向 (水平) 相对位置, 以保证径向加载通过两个被测角接触球轴承 10 之间的中心位置, 使两个被测角接触球轴承 10 承受相同径向力。

[0027] 通过更换轴承外环套 B22、径向刚度测试模拟轴 19 及内外隔套 20、21, 可以实现不同规格轴承在不同预紧力下的径向刚度测试。

[0028] 本发明装置中,由于轴向位移测试单元和径向位移测试单元共用一个加载装置,所以在方箱 1 中不能同时对被测角接触球轴承 10 的轴向刚度和径向刚度进行测试,比如先完成对被测角接触球轴承 10 的轴向刚度测试后再拆除轴向位移测试单元,然后在方箱 1 中安装径向位移测试单元对被测角接触球轴承 10 进行径向刚度测试。

[0029] 本发明装置采用模块化结构,在一个方箱 1 内不仅可以进行多种规格系列的角接触球轴承刚度试验,而且可以进行轴向及径向刚度试验。



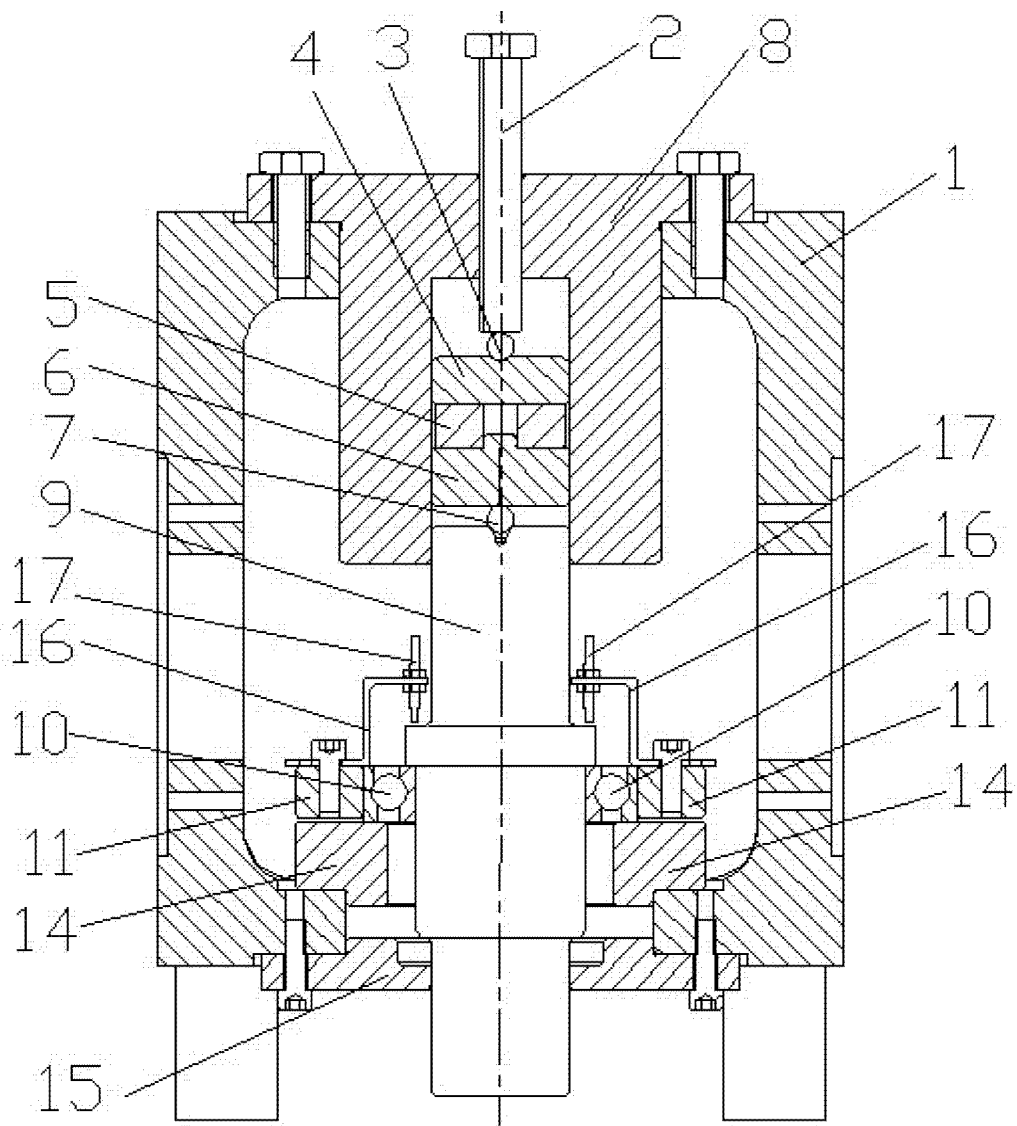


图 1

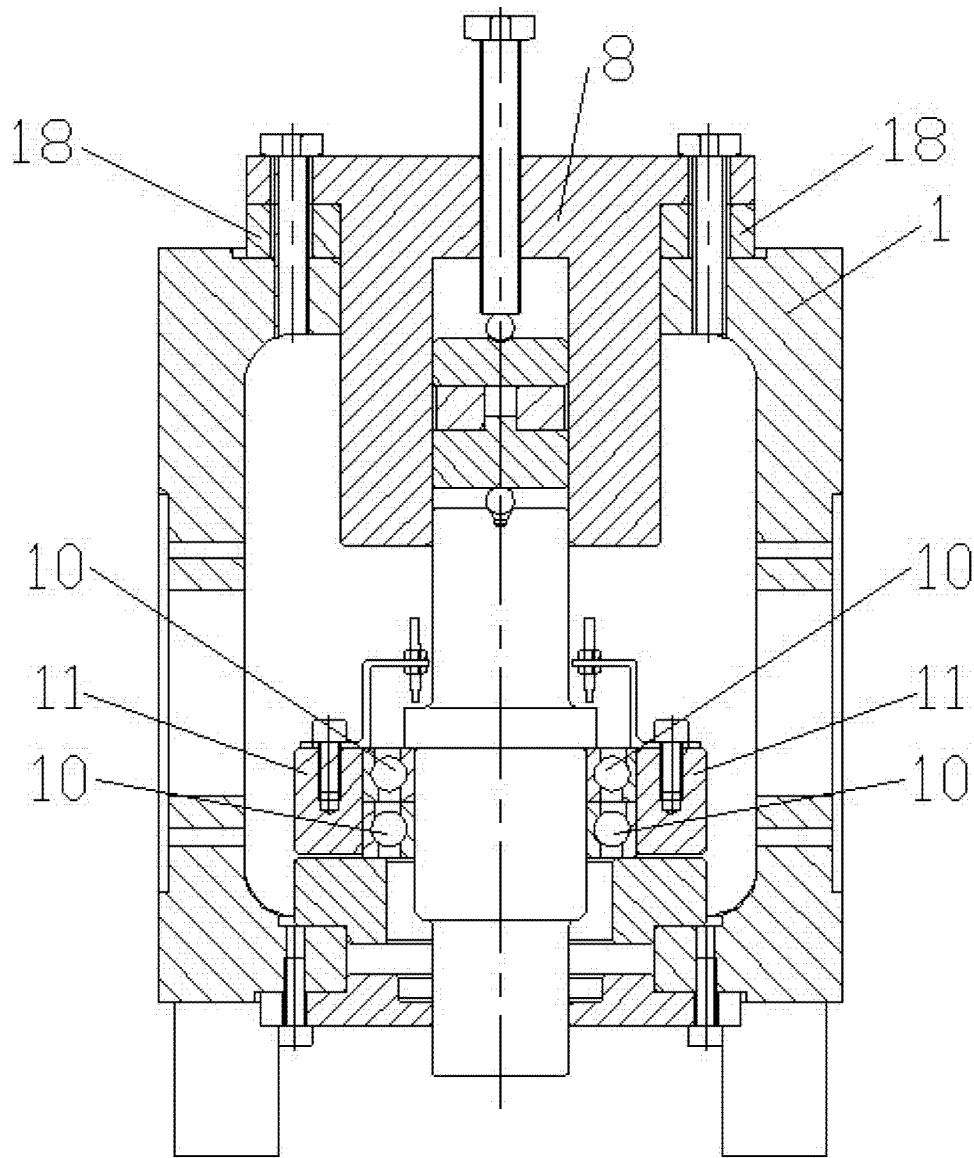


图 2

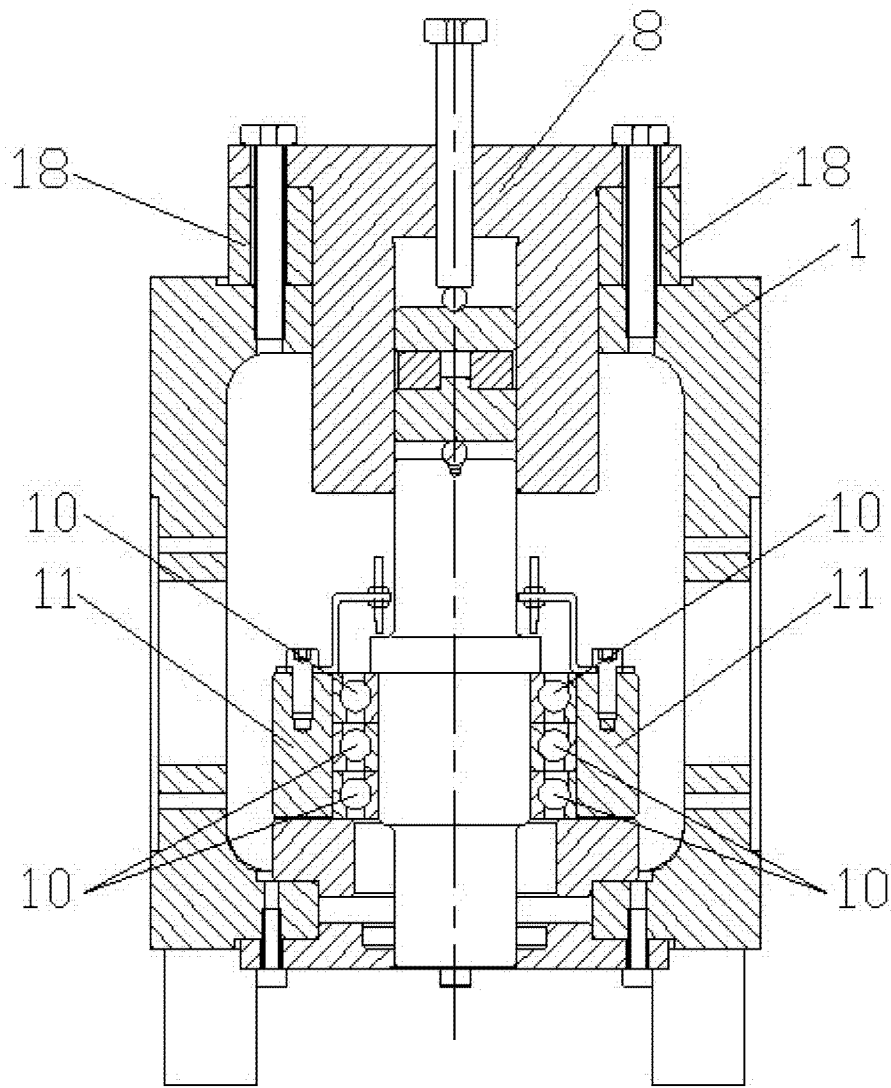


图 3



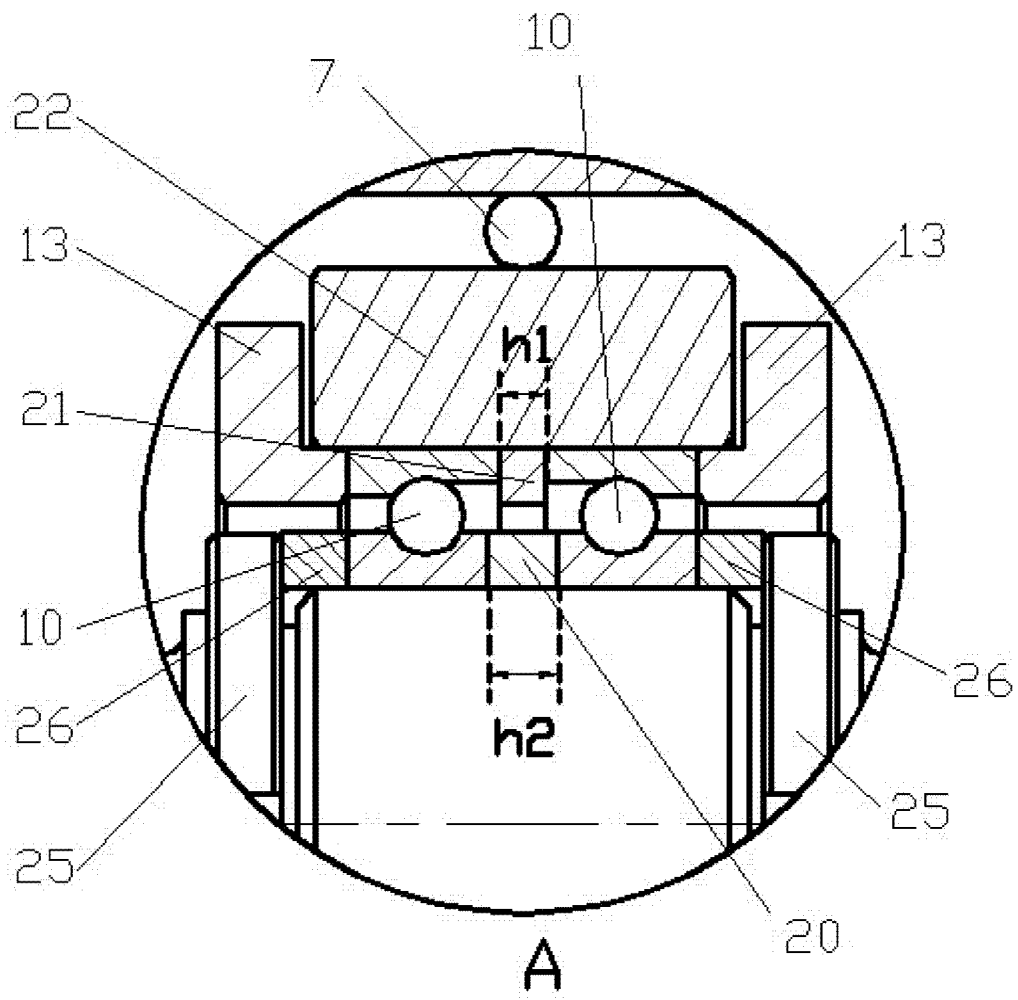


图 5