



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102297753 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201110202246. 3

(22) 申请日 2011. 07. 19

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

专利权人 武汉海润工程设备有限公司

(72) 发明人 赵耀 李良伟 李天匀 邱宏生
朱翔 余正发 张赣波 陆坡
肖金安

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 李佑宏

(51) Int. Cl.

G01M 7/04 (2006. 01)

G01M 13/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201096619 Y, 2008. 08. 06,

CN 201096619 Y, 2008. 08. 06,

CN 202216820 U, 2012. 05. 09,

WO 03065142 A1, 2003. 08. 07,

王家盛, 刘耀宗. 船舶推进轴系纵向振动模拟装置的振动测试与分析. 《中国电子学会电子机械工程分会 2009 年机械电子学学术会议论文集》. 2009,

曹贻鹏. 推进轴系引起的艇体结构振动与辐射噪声控制研究. 《工程科技 II 辑》. 2010,

审查员 全先荣

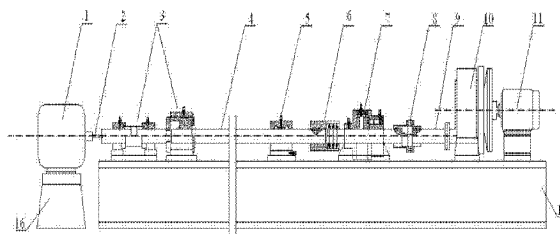
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

船舶推进轴系纵向振动模拟试验台

(57) 摘要

本发明公开了一种船舶推进轴系纵向振动模拟试验台, 包括动加载模块 (1)、基座 (12) 和依次布置在基座 (12) 上的静加载模块 (3)、传动轴 (4)、夹壳联轴节 (6)、推力轴承 (7)、弹性联轴节 (8)、齿轮箱 (10) 和变频电机 (11), 其中, 动加载模块 (1) 与静加载模块 (3) 通过顶杆 (2) 连接, 提供用于模拟螺旋桨的纵向交变激励力, 静加载模块 (3) 与传动轴 (4) 一端连接, 传动轴 (4) 另一端通过夹壳联轴节 (6) 与推力轴承 (7) 的推力轴相连, 推力轴另一端通过弹性联轴节 (8) 与齿轮箱 (10) 的输出轴连接, 该齿轮箱 (10) 连接到变频电机 (11)。本发明结构紧凑, 操作方便, 安全可靠, 满足教学科研的实际应用要求。



1. 一种船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,包括动加载模块(1)、基座(12)和依次布置在所述基座(12)上的静加载模块(3)、传动轴(4)、夹壳联轴节(6)、推力轴承(7)、弹性联轴节(8)、齿轮箱(10)和变频电机(11),其中,所述动加载模块(1)与静加载模块(3)通过顶杆(2)连接,提供用于模拟螺旋桨的纵向交变激励力,该静加载模块(3)与传动轴(4)一端连接,所述传动轴(4)另一端通过夹壳联轴节(6)与推力轴承(7)的推力轴相连,推力轴另一端通过弹性联轴节(8)与齿轮箱(10)的输出轴连接,该齿轮箱(10)连接到变频电机(11);

其中,所述静加载模块(3)包括加载油缸(17)和加载装置(18),所述加载油缸(17)包括活塞杆(19)和缸体(20),活塞杆(19)可在缸体(20)内前后移动,所述加载装置(18)包括端盖(21)、外壳体(22)和止推轴承(23),外壳体(22)内有环形凸缘,凸缘前后有止推轴承(23),该止推轴承(23)与所述传动轴4连接,所述活塞杆(19)通过螺纹连接到端盖(20),使加载油缸(17)和加载装置(18)相连接。

2. 根据权利要求1所述的船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,所述静加载模块(3)和夹壳联轴节(6)之间还设置有中间轴承(5),用于支撑传动轴(4),且该中间轴承(5)位置沿传动轴(4)轴向可调。

3. 根据权利要求1或2所述的船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,所述推力轴承(7)的前端盖内沿周向均匀布置有多个圆柱腔,各圆柱腔内布置有柱塞(24),各柱塞(24)的一端与前推力块接触,另一端与腔盖(25)形成间隙,各间隙相互连通并充满液压油,形成平衡油缸。

4. 根据权利要求1或2所述的船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,所述弹性联轴节(8)与齿轮箱(10)的输出轴之间还设置有连接中间轴(9)。

5. 根据权利要求1或2所述的船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,所述动加载模块(1)安装在动加载装置基座(16)上。

6. 根据权利要求1或2所述的船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,其特征在于,所述模拟试验台还包括变频电机控制装置(13),液压加载和润滑冷却系统操作装置(14),油泵和油箱(15)。

船舶推进轴系纵向振动模拟试验台

技术领域

[0001] 本发明涉及一种教学科研用的模拟船舶推进轴系的试验台,可模拟船舶推进轴系及其他转子轴系任意转速下的纵向振动,以便对实际船舶推进轴系的纵向振动特性进行分析研究,同时可方便的进行各种纵向减振器的性能测试。

背景技术

[0002] 船舶推进轴系是船舶动力推进装置的核心组成部件。船舶推进轴系将船舶主机的输出功率传递到螺旋桨,同时又将螺旋桨的推力传递到船体,推动船舶航行,因此,船舶推进轴系在船舶航行过程中需要同时传递很大的扭矩和静推力。另一方面,船艏部不均匀的伴流场引起的脉动推力叠加在静推力之上沿推进轴系传递,引起推进轴系的纵向振动。随着船舶大型化、专业化和高速化的发展趋势,推进轴系纵向振动变得愈来愈严重,不仅会损坏船舶上各种机械,亦会使船上人员易产生晕船、疲劳等不良症状,影响船舶的安全运行性能。此外,推进轴系纵向振动是舰船水下低频辐射噪声产生的重要来源。

[0003] 目前,国内相关高校已有可供试验教学科研用的船舶推进轴系试验台,如哈尔滨工程大学王传溥等研制的船舶柴油机轴系试验台(船舶柴油机轴系的研制,内燃机工程,1985,(2)),试验台主要元件包括柴油机、电力测功器、止推轴承、支承轴承、螺旋桨和循环水箱等,该试验台可以模拟轴系多个运行工况,并侧重分析推进轴系的横向振动,但该试验台需要配置很大体积的循环水箱来提供螺旋桨产生激励力所需的外部水环境,成本昂贵,且主循环水管中必须加装稳流装置,结构复杂,一定程度上降低试验台的可靠性;武汉理工大学研制出轴系的试验台侧重分析螺旋桨轴传动轴承润滑冷却及轴系弯曲振动(船舶螺旋桨轴振动与润滑冷却耦合理论和试验研究,武汉理工大学博士论文,2005),该试验台主要由变频电机、模拟船用内燃机曲轴、中间轴、螺旋桨轴、螺旋桨轴前后支承轴承、中间支承轴承和螺旋桨等元件组成。由于研究的侧重点不同,轴系试验台组成元件存在一定的差异。

[0004] 为研究由船舶螺旋桨激励力引起的推进轴系纵向振动特性及其控制原理,轴系试验台需包括模拟螺旋桨激励力的加载装置、模拟实船用推力轴承、纵向减振器和轴系正倒车变频装置等主要元件,以上各高校研制的轴系试验台均存在一定不足。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种船舶推进轴系纵向振动模拟试验台,可以产生多转速下的推进轴系纵向振动,对推进轴系的纵向振动特性和纵向减振器的减振性能进行分析,用于推进轴系纵向振动研究,还可以方便的进行各种纵向减振器的减振性能测试。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种用于测试船舶推进轴系纵向振动的试验台,整个试验台采用整体结构,包括动加载模块、基座和布置在所述基座上的静加载模块、传动轴、夹壳联轴节、推力轴承、弹性联轴节、齿轮箱和变频电机,所述动加载模块与静加载模块通过顶杆连接,静加载模块与传动轴一端连接,传动轴另一端通过夹壳联轴节与推力轴承的推力轴相连,推力轴另一端通

过弹性联轴节与齿轮箱输出轴连接,齿轮箱与变频电机连接。

[0008] 推进轴系的纵向振动主要由螺旋桨的非定常激励力引起,在试验台轴系上安装螺旋桨就需要配置循环水箱,以模拟螺旋桨的外部水环境,但成本昂贵,且具有很多的不确定性。本发明采用动加载模块和静加载模块模拟螺旋桨的纵向交变激励力。所述动加载模块用于模拟船舶螺旋桨的纵向脉动激励力,包括信号发生器、功率放大器和激振器,激振器安装在支座上。所述静加载模块用于模拟船舶螺旋桨的纵向静推力,包括加载油缸和加载装置,加载油缸的活塞杆与加载装置的后端盖通过螺纹连接,实现加载油缸的液压静推力和动加载模块的脉动力向加载装置的传递,然后通过加载装置传递至传动轴,完成对轴系的静动加载。动加载和静加载力幅值可以连续调节,最大静加载力为 0.7MPa,以满足不同的试验要求。

[0009] 所述静加载模块和夹壳联轴节之间设置有中间轴承,用于支撑传动轴,且中间轴承位置沿轴向可调。

[0010] 所述推力轴承是对实船常用的推力轴承进行改进设计而成。在推力轴承前端盖内沿周向均匀布置多个圆柱腔,各圆柱腔内布置有柱塞,柱塞一端与前推力块接触,另一端与腔盖形成间隙,各间隙相互连通形成平衡油缸。平衡油缸内充满液压油,利用液压油的阻尼可以实现推进轴系的纵向振动控制。

[0011] 所述弹性联轴节与齿轮箱输出轴之间设置有连接中间轴。弹性联轴节具有缓冲、减振和对中补偿等作用,且弹性联轴节可沿轴向拆开,提高试验台的灵活性,便于实际需要。

[0012] 所述变频电机控制面板用于调节变频电机的转速和转向,电机最高转速为 1500rpm,且可以正反转,模拟实船的正车倒车。

[0013] 所述液压加载和润滑冷却系统操作面板用于控制加载和润滑冷却系统液压油压力。操作面板上有 3 个手动操作手柄,分别控制静加载模块静加载力、中间轴承和推力轴承润滑冷却系统压力。

[0014] 所述油泵和油箱分别用于提供液压油在管路中循环流动的动力和储油。

[0015] 根据用户需要,试验台基座可以分开安装,如需要单独分析推进轴系纵向振动沿推力轴承到基座的振动传递路径,可以将推力轴承基座与其他轴段基座分开。推进轴系制造材料采用 40Cr,用户可以自行选择更换。

[0016] 本发明还设计多种可供选择的润滑冷却和液压加载系统方案。润滑冷却系统和液压加载系统独立设计,避免两者间的相互干扰。在加载油缸、平衡油缸和润滑冷却系统管路上安装有压力表,便于试验操作过程中进行读数,以便得到需要的指定压力值。液压系统可以实现轴系轴向行程的自动调节,便于研究不同工况下推进轴系的纵向振动特性。

[0017] 本发明结构紧凑,操作方便,安全可靠,满足教学科研的实际应用要求。此外,本发明有许多通用设备,如变频电机、齿轮箱、支撑轴承、弹性联轴节和各种仪表等,制造购买方便,降低试验台的制造成本。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明结构示意图;

[0019] 图 2 为本发明静加载模块结构图;

[0020] 图 3 为本发明推力轴承前端盖结构图；

[0021] 图 4 为本发明液压加载和润滑冷却系统原理图；

具体实施方式：

[0022] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0023] 图 1 示本发明基本结构，整个试验台采用整体结构，各结构元件分别为：加载模块 1，顶杆 2，静加载模块 3，传动轴 4，中间轴承 5，夹壳联轴节 6，推力轴承 7，弹性联轴节 8，中间轴 9，齿轮箱 10，变频电机 11，轴系基座 12，变频电机控制面板 13，液压加载和润滑冷却系统操作台 14，油泵和油箱 15，动加载装置基座 16。其中，动加载模块 1 与静加载模块 3 通过顶杆 2 连接，静加载模块 3 与传动轴 4 一端连接，传动轴 4 另一端通过夹壳联轴节 6 与推力轴承 7 的推力轴相连，推力轴另一端通过弹性联轴节 8 与齿轮箱输出轴连接，齿轮箱 10 与变频电机 11 连接。由于传动轴 4 相对较长，为避免传动轴自重引起的弯曲变形，在传动轴 4 中间用一中间轴承 5 支撑。

[0024] 图 2 示本发明静加载模块结构，由加载油缸 17 和加载装置 18 组成，实现对推进轴系的纵向静加载。所述加载油缸 17 包括活塞杆 19 和缸体 20，活塞杆 19 可在缸体 20 内前后移动。所述加载装置 18 包括端盖 21、外壳体 22 和止推轴承 23，外壳体 21 内有环形凸缘，凸缘前后有止推轴承 23，止推轴承 23 后接所述传动轴 4。活塞杆 19 通过螺纹连接到端盖 20，使加载油缸 17 和加载装置 18 相连接。当对推进轴系进行静加载时，首先往缸体 20 内注油，液压油静压力通过活塞杆 19 传递至加载装置端盖 20 和外壳体 21，外壳体 21 再将静压力通过止推轴承 23 传递至传动轴 4，完成静加载过程。

[0025] 图 3 示本发明推力轴承前端盖结构，包括外壳体 24、柱塞 25 和腔盖 26。前端盖内沿周向均匀布置有 6 个圆柱腔，各圆柱腔内布置有柱塞，柱塞一端与前推力块接触，另一端与腔盖形成间隙，各间隙相互连通形成平衡油缸，平衡油缸充满液压油，利用液压油的阻尼可以减小推进轴系的纵向振动，故推力轴承前端盖实际上内置有一个纵向减振器。前端盖上开有放气孔和液压油进出口，其中，放气孔用于排除油缸内的空气，液压油进出口用于调节柱塞在空腔内的位置，进而调整推进轴系的轴向行程。当柱塞完全进入空腔内，推力轴承前推力块完全顶住前端盖内壁，推力轴承直接将纵向推力传递至推力轴承基座，此时相当于无纵向减振器；当柱塞伸出空腔外顶住推力轴承前推力块，使推力轴承前推力块与前端盖内壁不直接接触，推力轴承先将纵向推力传递至柱塞，由于柱塞后有液压油，由于油液的阻尼作用将部分推进轴系纵向振动能量转化为热能就耗散掉，实现对推进轴系的纵向振动控制。

[0026] 本发明可以方便地对推力轴承端盖进行改装，便于安装各种类型的推进轴系纵向减振装置，极大增加本发明的实用性和适用性。

[0027] 图 4 示本发明液压加载和润滑冷却系统原理。液压加载系统和润滑冷却系统共用一个油泵 15，通过操纵控制面板 27 实现对液压加载系统和润滑冷却系统的操作。溢流阀 28 可以调节液压加载系统和润滑冷却系统压力，手动换向阀 29 实现液压加载系统的加载和卸载，手动换向阀 30 控制中间轴承和推力轴承后衬套的润滑冷却压力，手动换向阀 31 只控制推力轴承前衬套的润滑冷却压力。由于液压加载系统和润滑冷却系统压力要求不一样，故在加载油缸前增加一个截止阀 32，当调整好液压加载压力后，拧紧加载油缸截止阀

32,然后再旋转溢流阀 28 至润滑冷却系统要求的压力值。本发明有多种液压加载和润滑冷却系统设计方案,可根据用户需要灵活选择。

[0028] 进行试验教学时,首先打开油泵,调节溢流阀,观察加载压力表读数至指定静加载压力,然后打开变频电机控制面板上开机按钮,启动变频电机。待轴系旋转稳定后,启动动加载装置,对推进轴系进行各种振动测试。由于静动加载装置施加载荷可以调节,可以实现多种外载荷工况下的推进轴系振动测试。

[0029] 下面对试验台推进轴系纵向振动测试试验步骤进行简单叙述。

[0030] 步骤 1 :打开推力轴承前端盖放气塞 ;

[0031] 步骤 2 :将百分表指针对着夹壳联轴节后端面 ;

[0032] 步骤 3 :启动油泵,旋转溢流阀至一定位置,使系统压力调整至一定值 (约 0.7 ~ 0.8MPa) ;

[0033] 步骤 4 :操纵液压静加载换向阀手柄,对推进轴系进行加载,使推进轴系向艏部运动至最前端 ;

[0034] 步骤 5 :关闭油泵,操纵液压静加载换向阀手柄,卸去加载装置压力 ;

[0035] 步骤 6 :锁紧平衡油缸放气塞。操纵柱塞液压静加载换向阀手柄,对柱塞进行加载,柱塞将压力传递推力轴,推动推进轴系沿纵向运动至指定行程 ;

[0036] 步骤 7 :启动油泵,旋转溢流阀调节液压静加载压力至一定值 ;

[0037] 步骤 8 :拧紧静加载油缸截止阀,保持静加载压力,关闭油泵 ;

[0038] 步骤 9 :启动变频电机,使轴系运转一定时间后处于稳定状态 ;

[0039] 步骤 10 :启动动加载装置对推进轴系施加动载 ;

[0040] 步骤 11 :开始采集轴系振动响应信号,并分析处理。

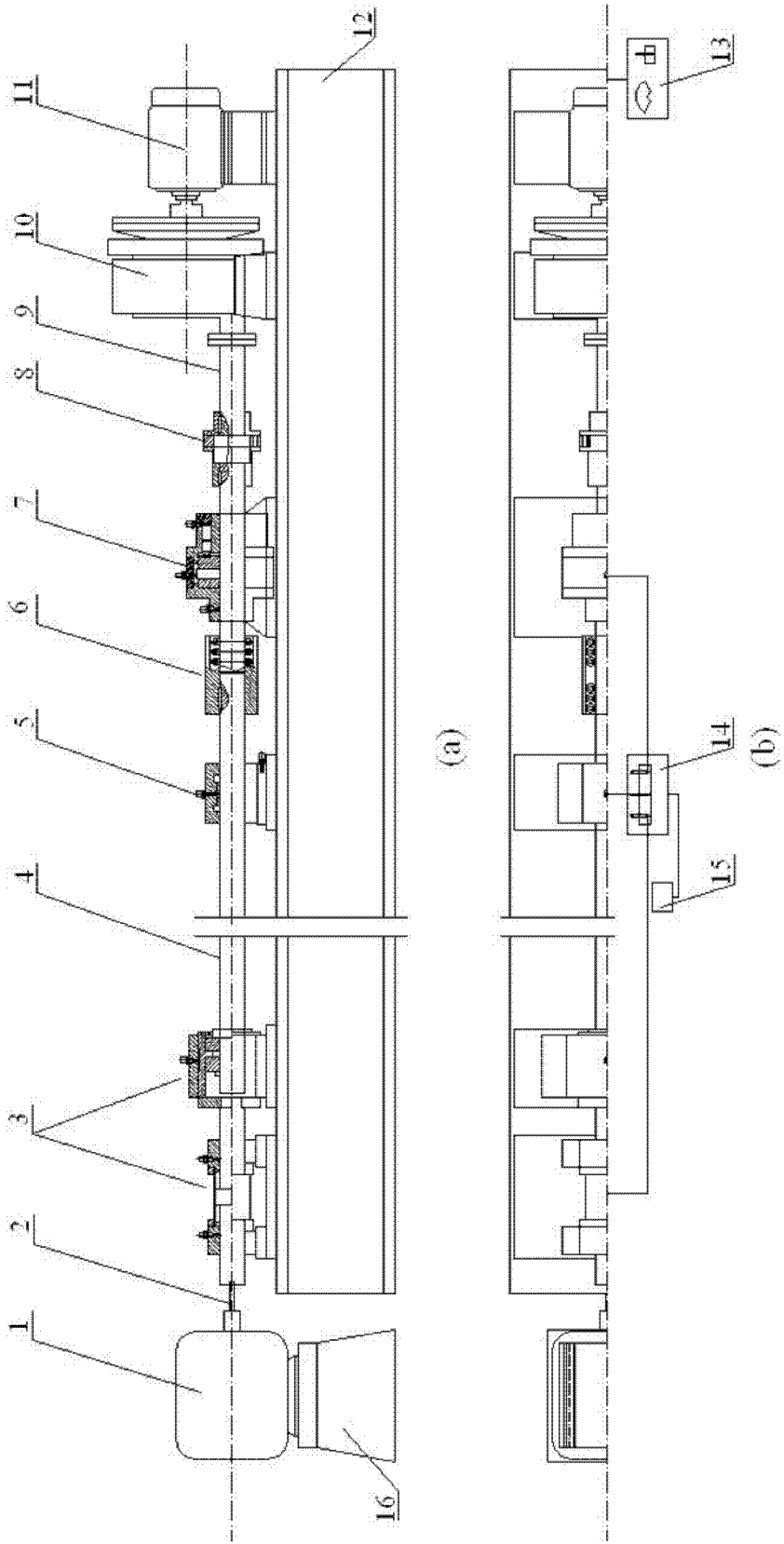


图 1

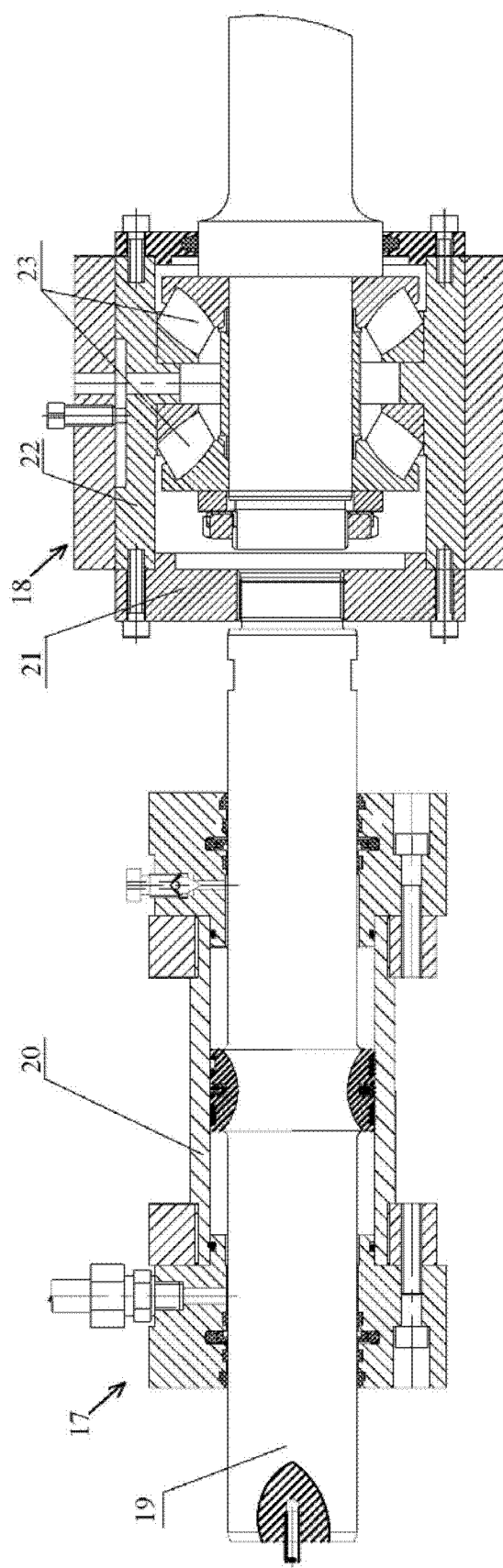


图 2

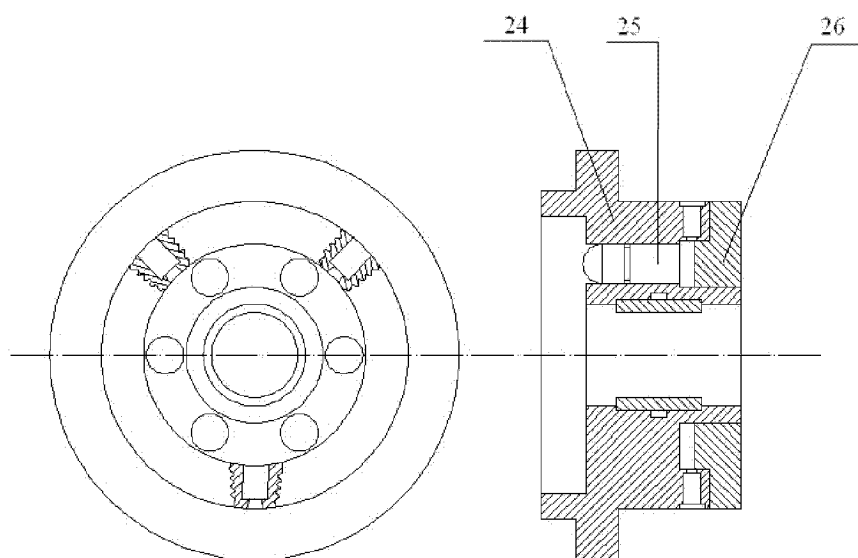


图 3

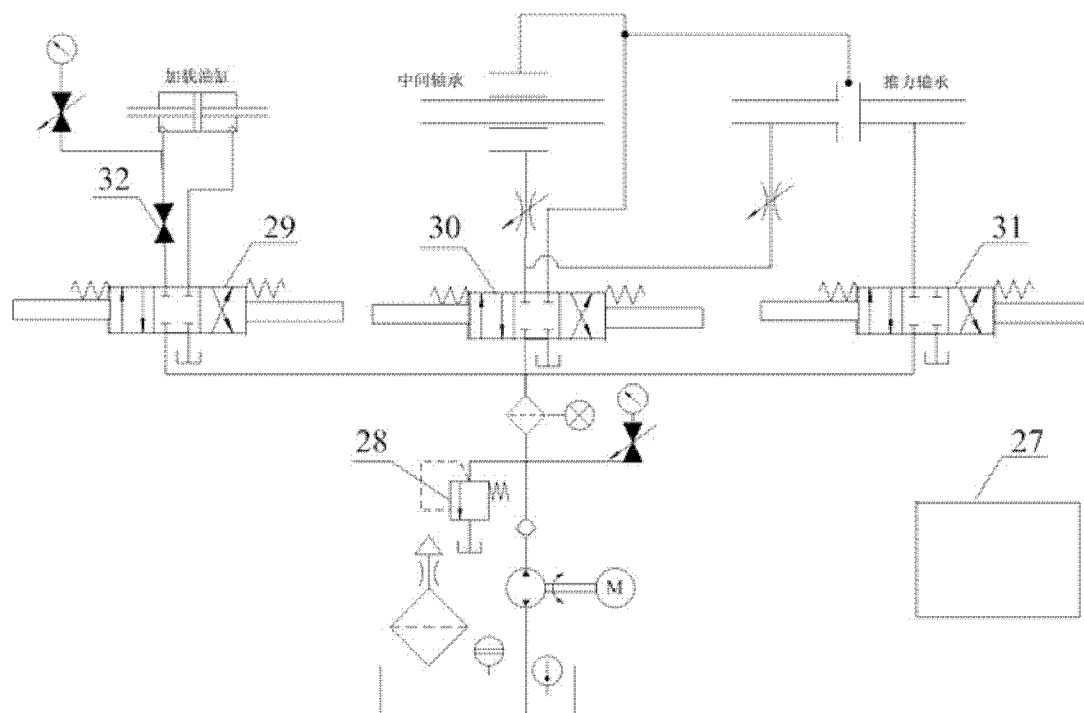


图 4