

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202216826 U

(45) 授权公告日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201120293663. 9

(22) 申请日 2011. 08. 12

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号北
航交通学院汽车系

(72) 发明人 孙凌玉 姚京宁 于人杰 李伟

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限
公司 11232

代理人 王顺荣 唐爱华

(51) Int. Cl.

G01M 10/00 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

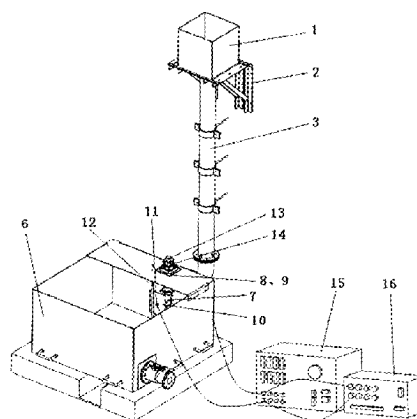
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速
转动试验装置

(57) 摘要

一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速
转动试验装置,包括水箱、水箱支架、PVC 管路、靶
式流量计、蝶阀、水槽、转轴、轴承、轴承座、薄板、
应变片、档杆、角位移传感器、抱紧式弹性联轴器、
动态应变仪和智能信号采集处理分析仪;水箱放
在水箱支架上,PVC 管路的一端与水箱底部相通,
另一端与水槽侧面进水口相连;靠近水槽进水口
处的 PVC 管路安装蝶阀,在进水口和蝶阀之间的
PVC 管路上端安装靶式流量计;水槽中临近进水
口处竖直安装转轴,薄板插入转轴中部通槽,薄板
和靶式流量计上的应变片引出的导线连接动态应
变仪和智能信号采集处理分析仪采集应变变化时
间数据;角位移传感器引出的导线与角位移传感
器的数据采集板连接,采集转轴转角变化时间数
据。



1. 一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置,其特征在于:它包括水箱、水箱支架、PVC 管路、靶式流量计、蝶阀、水槽、转轴、轴承、轴承座、薄板、应变片、档杆、角位移传感器、抱紧式弹性联轴器、动态应变仪和智能信号采集处理分析仪;

水箱放在水箱支架上,置于装置最高处,水箱底部与 PVC 管路一端相连通,PVC 管路的另一端与水槽侧面进水口相连;靠近水槽进水口处的 PVC 管路安装蝶阀,在进水口和蝶阀之间的 PVC 管路上端安装靶式流量计;水槽中临近进水口处竖直安装转轴,转轴两端通过轴承和轴承座与水槽上下两端相连;转轴中部开有通槽,薄板插入通槽中,用垫片和螺栓固定;薄板和靶式流量计上的应变片引出的导线连接动态应变仪和智能信号采集处理分析仪;档杆从水槽上端面竖直插入到水槽下底面的圆形槽座中进行安装,此位置在薄板从初始位置绕轴转动 40° 处;角位移传感器通过抱紧式弹性联轴器与转轴柔性连接,角位移传感器引出的导线与角位移传感器的数据采集板连接;

所述水箱是盒式结构的箱体,无上端面,下端开有圆孔;

所述水箱支架是 L 形角式支架;

所述 PVC 管路,其与水箱连接部分与地面垂直,与水槽连接部分与地面平行,两部分用直角弯头连接;

所述靶式流量计,是由靶杆、靶杆套筒和靶杆支座构成,靶杆粘贴固定在靶杆支座上,靶杆外有靶杆套筒包裹,靶杆端部露在靶杆套筒外面;该靶杆为片状工字结构,正反两面贴有应变片;该靶杆套筒为圆管结构;该靶杆支座圆柱结构,其中部设置有沟槽;

所述蝶阀,与 PVC 管路用法兰盘连接;

所述水槽是盒式结构的箱体,上端面有约 $2/3$ 为敞开口,侧面开有一进水口,另一侧面和底面有排水口和放水口;

所述转轴分为转轴上半轴、转轴中间轴和转轴下半轴三部分;转轴上半轴和转轴下半轴以轴承分别与水槽上下面轴向和径向固定连接;转轴中间轴中间部分开有通槽,转轴中间轴侧面开有 4 个通孔;转轴中间轴分别与转轴上半轴和转轴下半轴用一对联轴器相连;

所述轴承是 7207B 角接触轴承;

所述轴承座是与 7207B 角接触轴承配套的轴承座;

所述薄板,是矩形板料,正反两面贴有应变片,其初始位置为薄板正面与进水口端面平行,与水流方向垂直;薄板按照尺度率理论设置有不同比例尺寸,根据试验要求更换不同尺度的薄板;

所述应变片,是矩形薄片;

所述档杆为圆柱体直杆;

所述角位移传感器用抱紧式弹性联轴器与转轴柔性连接;

所述抱紧式弹性联轴器连接角位移传感器和转轴;

所述动态应变仪和智能信号采集处理分析仪与薄板和靶式流量计上的应变片连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置,其特征在于:该水箱的外形尺寸为: $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置,其特征在于:该 PVC 管路的直径范围是: $80\text{--}100\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置,

其特征在于：该蝶阀的型号是：D71X-16。

5. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该水槽的外形尺寸为：900mm×900mm×500mm。

6. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该薄板和靶式流量计上的应变片的型号规格是：BX120-3CA 和 BX120-3AA。

7. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该档杆的直径范围是：8-12mm。

8. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该角位移传感器的型号是：WDD35II。

9. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该动态应变仪的型号是：SDY2102。

10. 根据权利要求 1 所述的一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，其特征在于：该智能信号采集处理分析仪的型号是：1NV306G(H)。

一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置

（一）技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种能够实现水下结构受高速流体驱动而发生转动的试验装置，尤其涉及一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，它主要用于验证各种流固耦合仿真算法的准确性、适用性，并代替复杂昂贵的水下试验，研究结构动态响应与流体驱动参数之间的关系，通过试验数据探索流固耦合机理与尺度律，为水下结构设计提供理论依据，属于海洋船舶工程和武器工业工程技术领域。

（二）背景技术

[0002] 板是水下结构设计的基本单元。薄板受高速水流冲击而发生运动及变形的过程是一个流体-结构相互作用过程。由于板的运动及变形，改变了流体域的边界；进而改变流域中压强分布，特别是流体作用在固体表面上的压强载荷大小及分布；又进一步改变了结构运动规律及变形，如此交互作用。薄板在水下受流体驱动绕轴转动问题，是一个具有大位移及弹性变形的瞬态过程，即典型的流固耦合过程。国内外对这类问题只有少量的理论和仿真分析，基本没有涉及试验验证。但是如果对该问题进行试验分析，可以更加准确的掌握流固耦合现象，并且可以评估仿真方法的准确程度，更进一步的修正仿真模型，得到更加准确的仿真结果。

[0003] 一般情况下，设计到流体力学的试验研究包括流固耦合试验研究，大多应用到水洞试验装置。水洞设备作为流体力学试验研究的通用设备，设备尺寸较大，空间占用较大，推动水流动的动力系统功率很大，能源消耗和试验费用很大，如果试验器件按照 1：1 制作，制作周期较长，制作成本很高，试验过程中测量元件的安装和测试也不够方便。

[0004] 因此，特别设计一个满足这一类问题的流固耦合试验装置，既满足试验要求，又可以减少成本节省能源，有效的测量数据，快速便捷的完成试验。

（三）实用新型内容

[0005] 1、目的：

[0006] 本实用新型的目的是提供一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，它针对水下高速转动机构，为仿真方法提供试验参考值，以此评估仿真方法的准确程度；通过试验，从系统角度掌握流体驱动力矩、转动角度位移、转动叶片上的应力应变之间的相互影响规律；通过采用不同尺度的试验装置，探索如何利用小尺度缩比实验的结果还原出原型系统的响应特性，为水下大尺度结构设计提供理论指导；研究水下结构运动学控制与限位机构碰撞吸能。

[0007] 2、技术方案：

[0008] 见图 1，本实用新型一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置，它包括水箱、水箱支架、PVC 管路、靶式流量计、蝶阀、水槽、转轴、轴承、轴承座、薄板、应变片、档杆、角位移传感器、抱紧式弹性联轴器、动态应变仪和智能信号采集处理分析仪。它们之间的位置连接关系是：

[0009] 水箱放在水箱支架上,置于装置最高处,水箱底部与PVC管路一端相连通,PVC管路的另一端与水槽侧面进水口相连;靠近水槽进水口处的PVC管路安装蝶阀,在进水口和蝶阀之间的PVC管路上端安装靶式流量计;水槽中临近进水口处竖直安装转轴,转轴两端通过轴承和轴承座与水槽上下两端相连;转轴中部开有通槽,薄板插入通槽中,用垫片和螺栓固定;薄板和靶式流量计上的应变片引出的导线连接动态应变仪和智能信号采集处理分析仪来采集应变变化时间数据;档杆从水槽上端面竖直插入到水槽下底面的圆形槽座中进行安装,此位置在薄板从初始位置绕轴转动 40° 处;角位移传感器通过抱紧式弹性联轴器与转轴柔性连接,角位移传感器引出的导线与角位移传感器的数据采集板连接,采集转轴转角变化时间数据。

[0010] 所述水箱是盒式结构的箱体,无上端面,下端开有圆孔;

[0011] 所述水箱支架是L形角式支架,用于水箱的支撑和固定;

[0012] 所述PVC管路,其与水箱连接部分与地面垂直,与水槽连接部分与地面平行,两部分用直角弯头连接;

[0013] 所述靶式流量计,是由靶杆、靶杆套筒和靶杆支座构成,靶杆粘贴固定在靶杆支座上,靶杆外有靶杆套筒包裹,靶杆端部露在靶杆套筒外面;该靶杆为片状工字结构,正反两面贴有应变片;该靶杆套筒为圆管结构;该靶杆支座圆柱结构,其中部设置有沟槽。

[0014] 所述蝶阀,与PVC管路用法兰盘连接,为市购件;

[0015] 所述水槽是盒式结构的箱体,上端面有约 $2/3$ 为敞开口,侧面开有一进水口,另一侧面和底面有排水口和放水口;

[0016] 所述转轴分为三部分,转轴上半轴、转轴中间轴和转轴下半轴;转轴上半轴和转轴下半轴以轴承分别与水槽上下面轴向和径向固定连接;转轴中间轴中间部分开有通槽,用于插入和固定薄板,转轴中间轴侧面开有4个通孔,用于螺栓固定薄板;转轴中间轴分别与转轴上半轴和转轴下半轴用一对联轴器相连。

[0017] 所述轴承是7207B角接触轴承,为市购件;

[0018] 所述轴承座是与7207B角接触轴承配套的轴承座;

[0019] 所述薄板,是矩形板料,正反两面贴有应变片,其初始位置为,薄板正面与进水口端面平行,与水流方向垂直;薄板按照尺度率理论设计有不同比例尺寸,根据试验要求可以灵活的更换不同尺度的薄板;

[0020] 所述应变片,是矩形薄片;

[0021] 所述档杆为圆柱体直杆;

[0022] 所述角位移传感器为市购件,用抱紧式弹性联轴器与转轴柔性连接,测量转轴转角变化;

[0023] 所述抱紧式弹性联轴器为市购件,连接角位移传感器和转轴,提供柔性和变直径连接;

[0024] 所述动态应变仪和智能信号采集处理分析仪为市购件,用来采集薄板和靶式流量计上的应变片应变变化时间数据;

[0025] 其中,该水箱的外形尺寸为:300mm \times 300mm \times 300mm;

[0026] 其中,该PVC管路的直径范围是:80-100mm;

[0027] 其中,该蝶阀的型号是:D71X-16;

- [0028] 其中,该水槽的外形尺寸为 :900mm×900mm×500mm ;
- [0029] 其中,该薄板和靶式流量计上的应变片的型号规格是 :BX120-3CA 和 BX120-3AA。
- [0030] 其中,该档杆的直径范围是 :8-12mm ;
- [0031] 其中,该角位移传感器的型号是 :WDD35II ;
- [0032] 其中,该动态应变仪的型号是 :SDY2102 ;
- [0033] 其中,该智能信号采集处理分析的型号是 :INV306G (H) ;
- [0034] 本实用新型工作流程如下 :
- [0035] 试验前,关闭蝶阀,水槽中注水 4/5, PVC 管路和水箱中注满水,安装试验要求的尺度的薄板 ;试验开始,打开蝶阀,水箱中的水作为动力源,冲击薄板转动,如果安装了档杆,薄板将与档杆发生碰撞,试验过程中,动态应变仪和智能信号采集处理分析仪采集了薄板和靶式流量计上应变的变化时间数据,角位移传感器的数据采集板采集了转轴转角变化时间数据。
- [0036] 3、本实用新型一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置的优点 :
- [0037] ①该试验装置结构简单、体积小节省空间,易于拆卸移动,造价低经济实用 ;
- [0038] ②测量元件安装联接方便,易于实施和测量。
- [0039] ③可以灵活的更换不同尺度的薄板,为研究流固耦合的尺度率规律提供了方便性。
- [0040] ④相比水洞来说,该试验装置节省水资源,做到了资源的节约。

(四) 附图说明

- [0041] 图 1a 本实用新型验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置结构正视图
- [0042] 图 1b 本实用新型验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置结构立体示意图
- [0043] 图 2a 靶式流量计的结构爆炸图
- [0044] 图 2b 靶式流量计的结构示意图
- [0045] 图 3 转轴的结构示意图
- [0046] 图中符号说明如下 :
- [0047] 1 水箱 ;2 水箱支架 ;3PVC 管路 ;4 靶式流量计 ;5 蝶阀 ;6 水槽 ;7 转轴 ;8 轴承 ;9 轴承座 ;10 薄板 ;11 应变片 ;12 档杆 ;13 角位移传感器 ;14 抱紧式弹性联轴器 ;15 动态应变仪 ;16 智能信号采集处理分析仪 ;17 靶杆 ;18 靶杆套筒 ;19 靶杆支座 ;20 联轴器 ;21 转轴上半轴 ;22 转轴中间轴 ;23 转轴下半轴 ;

(五) 具体实施方式

- [0048] 下面结合附图对本实用新型进行进一步详细描述 :见附图
- [0049] 见图 1,本实用新型一种验证流固耦合算法的流体驱动结构高速转动试验装置,它包括水箱 1、水箱支架 2、PVC 管路 3、靶式流量计 4、蝶阀 5、水槽 6、转轴 7、轴承 8、轴承座 9、薄板 10、应变片 11、档杆 12、角位移传感器 13、抱紧式弹性联轴器 14、动态应变仪 15 和智能

信号采集处理分析仪 16。它们之间的位置连接关系是：

[0050] 水箱 1 放在水箱支架 2 上,置于装置最高处,水箱 1 底部与 PVC 管路 3 一端相连,PVC 管路 3 的另一端与水槽 6 侧面进水口相连;靠近进水口处的 PVC 管路 3 安装蝶阀 5,在进水口和蝶阀 5 之间的 PVC 管路 3 的上端安装靶式流量计 4;水槽 6 中临近进水口处竖直安装转轴 7,转轴 7 两端通过轴承 8 和轴承座 9 与水槽 6 上下两端相连;转轴 7 中部开有通槽,薄板 10 插入通槽中,用垫片和螺栓固定;薄板 10 上贴有应变片 11,薄板 10 和靶式流量计 4 上的应变片 11 引出的导线连接动态应变仪 15 和智能信号采集处理分析仪 16 来采集应变变化时间数据;档杆 12 从水槽 6 上端面竖直插入到水槽 6 下底面的圆形槽座中进行安装,此位置在薄板 10 从初始位置绕轴转动 40° 处;角位移传感器 13 通过抱紧式弹性联轴器 14 与转轴 7 柔性连接,角位移传感器 13 引出的导线与角位移传感器 13 的数据采集板连接,采集转轴转角变化时间数据。

[0051] 所述水箱 1 是盒式结构的箱体,钢质材料,无上端面,下端面开有圆孔;该水箱的外形尺寸为:300mm×300mm×300mm;

[0052] 所述水箱支架 2 为钢结构支架;

[0053] 所述 PVC 管 3 路为市购件,与水箱连接部分与地面垂直,与水槽连接部分与地面平行,两部分用直角弯头连接。其外径为 90mm。

[0054] 所述靶式流量计 4 为自制件,是由靶杆 17、靶杆套筒 18 和靶杆支座 19 构成,见图 2a、图 2b,靶杆 17 粘贴固定在靶杆支座 19 上,靶杆外有靶杆套筒 18 包裹,靶杆 17 端部露在靶杆套筒 18 外面;靶杆 17 为 45# 钢材料、片状工字结构,正反两面贴有应变片 11,靶杆套筒 18 为 PVC 圆管,保护靶杆 17;靶杆支座 19 为圆柱结构铝合金材料制成。

[0055] 所述蝶阀 5 为市购件,与 PVC 管路用法兰盘连接;该蝶阀的型号是:D71X-16。

[0056] 所述水槽 6 是盒式结构的箱体,钢质材料,上端面有约 $2/3$ 为开口,侧面开有一进水口,另一侧面和底面有排水口和放水口;该水槽的外形尺寸为:900mm×900mm×500mm。

[0057] 所述转轴 7 为 45# 钢材料,见图 3,它分为三部分,转轴上半轴 21、转轴中间轴 22 和转轴下半轴 23;转轴上半轴 21 和转轴下半轴 23 以轴承 8 分别与水槽 6 上下端面轴向和径向固定连接;转轴中间轴 22 中间部分开有通槽,用于插入和固定薄板 10,转轴中间轴 22 侧面开有 4 个通孔,用于螺栓固定薄板 10;转轴中间轴 22 分别与转轴上半轴 21 和转轴下半轴 23 用一对联轴器 20 相连。

[0058] 所述轴承 8 是 7207B 角接触轴承;

[0059] 所述轴承座 9 是与 7207B 角接触轴承配套的轴承座;

[0060] 所述薄板 10 是 45# 钢矩形板料,正反两面贴有应变片 11,薄板 10 的初始位置为:薄板 10 正面与进水口端面平行,与水流方向垂直;薄板 10 按照尺度率理论设计有不同比例尺寸,根据试验要求可以灵活的更换不同尺度的薄板;

[0061] 所述应变片 11,是矩形薄片,为市购件,型号规格是:BX120-3CA 和 BX120-3AA,栅长×栅宽:3mm×2mm,电阻: $120.3 \pm 0.3 \Omega$ 和 $119.9 \pm 0.1 \Omega$,灵敏度: $2.08 \pm 1\%$,它粘贴在薄板和靶式流量计的靶杆上,用于测量薄板和靶杆应变变化;

[0062] 所述档杆 12 是 45# 钢材料,圆柱体直杆,其外径为 10mm,如果需要研究限位机构碰撞吸能,档杆 12 从水槽 6 上端面竖直插入到水槽 6 下底面的圆形槽座中进行安装,此位置在薄板 10 从初始位置绕轴转动 40° 处;

[0063] 所述角位移传感器 13 为市购件,用抱紧式弹性联轴器与转轴柔性连接,测量转轴转角变化,型号为 WDD3511 ;

[0064] 所述抱紧式弹性联轴器 14 为市购件,连接角位移传感器和转轴,提供柔性和变直径连接 ;

[0065] 所述动态应变仪 15 和智能信号采集处理分析仪 16 用于采集应变片的应变变化时间数据,它们的型号规格分别是 :SDY2102 和 INV306G (H) ;

[0066] 所述角位移传感器数据采集板为自制采集板,其形状为矩形,用于采集转轴转角变化时间数据。

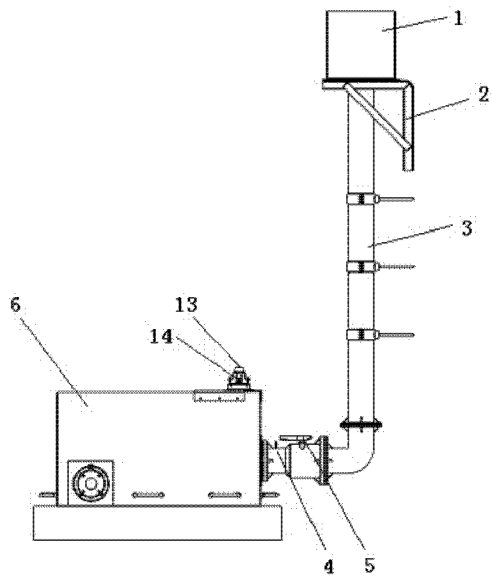


图 1a

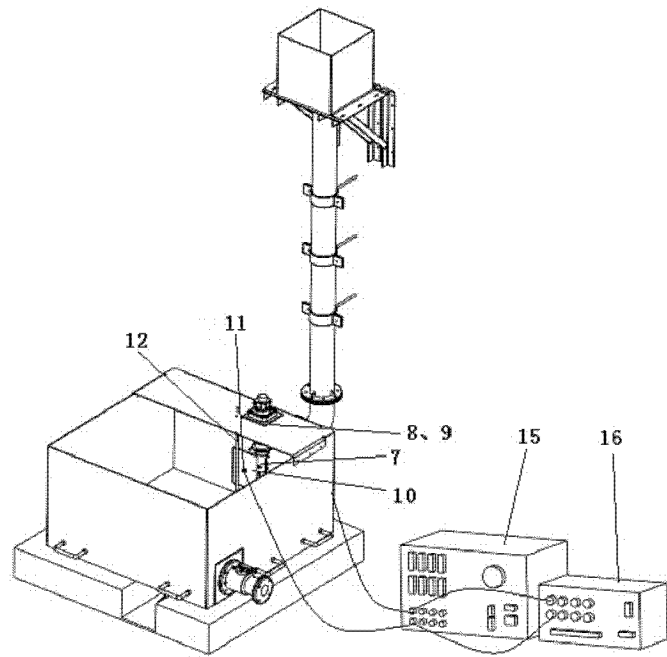


图 1b

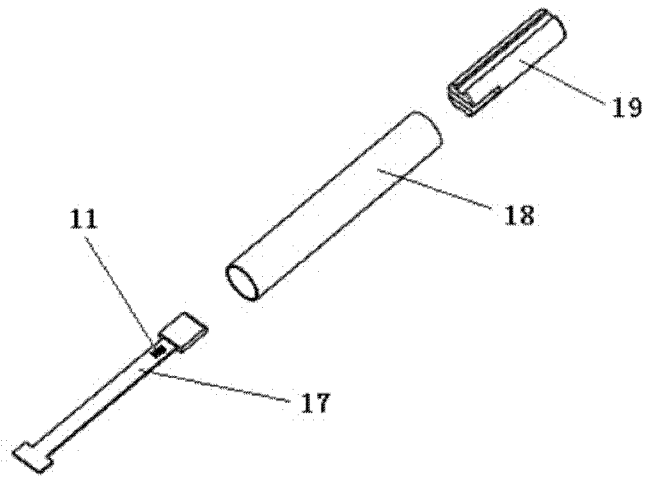


图 2a

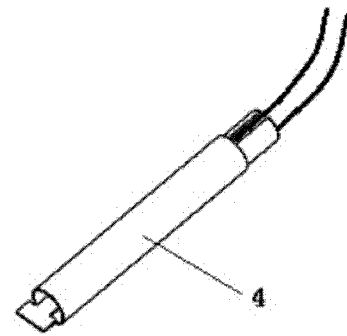


图 2b

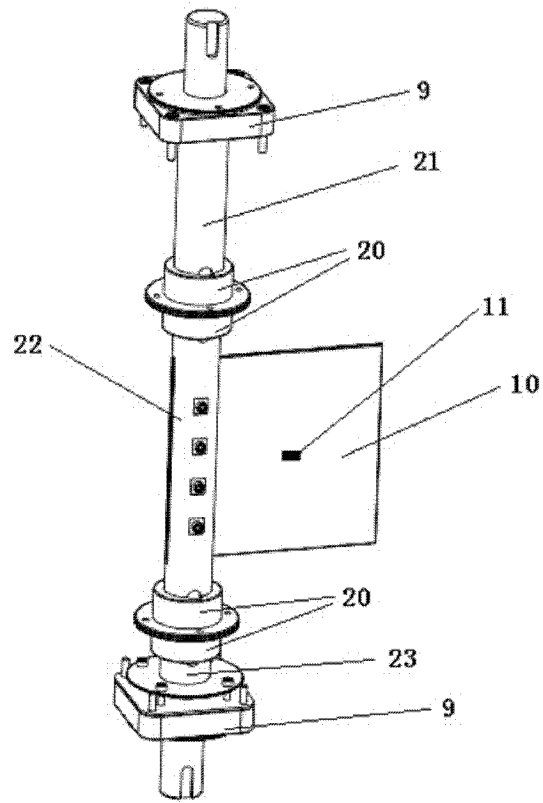


图 3