

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 11 月 26 日 (26.11.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/233458 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01L 1/08 (2006.01) *G01M 1/14* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/089876
- (22) 国际申请日: 2020 年 5 月 12 日 (12.05.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910412747.0 2019年5月17日 (17.05.2019) CN
- (71) 申请人: 浙江大学(ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 钱锦远(QIAN, Jinyuan); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
侯聪伟(HOU, Congwei); 中国浙江省杭州市西

湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 母娟(MU, Juan); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 金志江(JIN, Zhijiang); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

- (74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司(HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市玉古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室 / 傅朝栋, Zhejiang 310013 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR MEASURING UNBALANCED MOMENT OF BOTTOM SURFACE OF CIRCULAR VALVE ELEMENT

(54) 发明名称: 一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置及测量方法

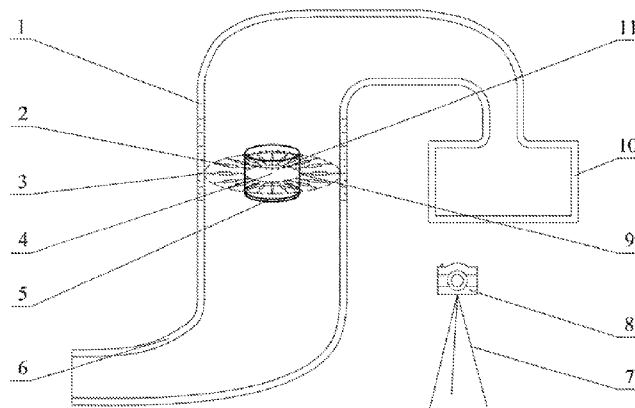


图 1

(57) **Abstract:** A device for measuring an unbalanced moment of the bottom surface of a circular valve element, comprising a divergent type special-shaped tube (6), a water tank (10), a transparent tube (1), a spring dynamometer (2), laser sources (11), the circular valve element (4), a valve element bottom surface additional layer (5), a high-speed camera (8), and a photographing support (7). Inner hook rings (9) and the laser sources (11) are uniformly distributed on the outer side of the circular valve element (4); the spring dynamometer (2) is connected to the inner hook rings (9) and outer hook rings (3) uniformly distributed on the inner wall of the transparent tube (1); positioning scales are provided on the outer wall of the transparent tube (1). Also provided is a method for measuring the unbalanced moment of the bottom surface of the circular valve element. The high-speed camera (8) is erected on the photographing support (7) to record an unbalanced state formed by the circular valve element (4) under the impact of water flow in different directions; the scales corresponding to the laser sources (11) on the outer wall as well as a pulling force of the spring dynamometer (2) are read; a torque of the circular valve element (4) corresponding to a certain specific symmetry axis is calculated.



LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置, 包括渐扩式异型管(6)、水箱(10)、透明管(1)、弹簧测力计(2)、激光源(11)、圆形阀芯(4)、阀芯底面附加层(5)、高速相机(8)和摄影支架(7)。圆形阀芯(4)外侧均布有内钩环(9)和激光源(11), 弹簧测力计(2)与内钩环(9)和透明管(1)内壁上均布的外钩环(3)相连, 透明管(1)外壁上有定位刻度。还提供一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量方法, 通过高速相机(8)架设在摄影支架(7)从不同方位对圆形阀芯(4)在水流冲击下形成的不平衡状态进行记录, 读出激光源(11)在外壁上所对的刻度以及弹簧测力计(2)的拉力, 计算圆形阀芯(4)对应某一特定对称轴的扭矩。

一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置及测量方法

技术领域

本发明涉及一种实验测量装置及测量方法，尤其涉及一种用于圆形阀芯底面不平衡力矩的测量装置。

背景技术

在水平布置的阀门中，其活塞式圆形阀芯下底面可明显看到压强分布并不均衡，大压强区域向右侧（靠近出流方向）偏移。而由于活塞式圆形阀芯上表面压强分布是均衡的，因此上下面的压差形成的压差合力会偏离活塞式阀芯的中心轴线，产生一个不平衡力矩，并导致活塞式阀芯壁面对密封副产生挤压，不仅增加驱动能耗、影响密封性能，在大流量工况下甚至会影响阀门的泄漏失效。针对该现象，需要提出一种测试圆形阀芯底面不平衡力矩的装置来对圆形阀芯底面不平衡力矩进行研究，以探究其形成的机理以及消除该现象的方法。

目前国内市面上还不存在一款专门针对圆形阀芯底部不平衡力矩的测量装置。中国发明专利 CN103115706B 公开了平面涡卷弹簧扭矩检测装置及其检测方法，该装置设有旋转芯轴上套设有弹簧定位套，待检测弹簧套设于弹簧定位套上，弹簧定位套与刻度盘之间装配有杠杆和指针，杠杆端部与所述测力计连接，旋转芯轴端部与一手柄组件连接，手柄组件包括弹簧拨杆和指针拨杆，弹簧拨杆与待检测弹簧卡接，指针与所述指针拨杆相接触。该装置系统较为完整，但无法测量在流场冲击下圆形阀芯的扭矩。

在目前市面上测量力或者力矩的工具中，较为常见的是使用弹簧来进行测量。中国发明专利 CN104778880A 公开了一种弹簧测力计，该装置中包含支撑台、弹簧测力计和重物；支撑台包括主支撑架、副支撑架和辅助支撑架。该装置解决了副支撑架与辅助支撑架之间的固定以及支撑问题，但无法应用于流场测量圆形阀芯所受的冲力。

发明内容

本发明针对目前市面上缺乏测量圆形阀芯底面不平衡力矩的实验装置,且现存的测量扭矩或者力的装备结构复杂,制造困难,不适用于在流场中使用。为实现较为准确地测量圆形阀芯底面不平衡力矩,提出了一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置,并提出针对该装置的不平衡力矩测量方法。

为实现上述目的,本发明具体采用如下技术方案:

一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置,其包括渐扩式异型管、水箱、透明管、弹簧测力计、激光源、圆形阀芯以及高速相机;

所述的圆形阀芯置于垂直的透明管内,透明管外壁上沿程标记有定位刻度;圆形阀芯侧壁的同一高度上周向等角度均布有若干个内钩环,且圆形阀芯侧壁上在每个内钩环正上方还固定有一个激光源;每个内钩环正上方的激光源均位于圆形阀芯侧壁的同一高度处,且每个激光源的激光发射方向所在直线均穿过所有激光源所在的圆形阀芯横断面的圆心;所述透明管内壁上同一高度周向等角度均布有与内钩环数量相等的外钩环,内钩环与外钩环两两成对,且每对内钩环与外钩环通过一个张紧的弹簧测力计相连;在圆形阀芯与透明管的中轴线重合,没有发生倾斜扭转的情况下,所有弹簧测力计呈中心对称分布,每条弹簧测力计的拉力方向与其正上方的激光源的激光发射方向平行;

所述的渐扩式异型管的渐缩端作为进水口,渐扩端与透明管底部平滑连通;

所述的高速相机放置于透明管外部,用于绕透明管周向,在不同方位对圆形阀芯及弹簧测力计在管内的姿态进行成像。

优选的,所述的弹簧测力计、外钩环、内钩环和激光源的数量均为 20。

优选的,所述的渐扩式异型管呈圆弧型布置,水平进水,垂直向上出水。

优选的,所述透明管内径应大于两个弹簧测力计的长度以及圆形阀芯直径之和。

优选的,所述的圆形阀芯底面设有若干螺栓孔,用于固定阀芯底面附加层。

优选的,所述的高速相机架设于摄影支架上。

优选的,所述的透明管顶部连通水箱。

优选的,所有弹簧测力计的型号、尺寸均相同,在圆形阀芯与透明管的中轴线重合,没有发生倾斜扭转的情况下,所有弹簧测力计对圆形阀芯施加相同的拉力。

优选的，所述的透明管为亚克力管。

本发明的另一目的在于提供一种利用上述任一方案所述测量装置的圆形阀芯底面不平衡力矩测量方法，其步骤如下：

1) 将待测量的圆形阀芯安装于测量装置中，使圆形阀芯在所有弹簧测力计的拉力下悬空于透明管中，且保证圆形阀芯与透明管的中轴线重合，没有发生倾斜扭转；

2) 保持所有弹簧测力计位于同一水平面上，记录当前状态下所有弹簧测力计的示数 F_0 ；

3) 通过渐扩式异型管向透明管中进水对圆形阀芯底面进行水流冲击，待圆形阀芯达到稳定状态时，利用高速相机以水平正对圆形阀芯的高度，绕透明管周向在不同方位对圆形阀芯及弹簧测力计在管内的姿态进行成像；同时记录每条弹簧测力计的示数 F'_n ，以及每个激光源发射的激光在透明管外壁上定位刻度示数 b_n ；

4) 从不同方位的高速相机成像中，测量得到每条弹簧测力计与竖直方向的夹角 β_n ；同时从成像中选取两个位于圆形阀芯横截面中一条直径两端的两个激光源，将这两个激光源连线与阀芯中轴线相交的点水平移至透明管管壁读出读数 a ；

5) 找出与 a 差值最大的 b_n 记为 b_{max} ，以拍摄得到 b_{max} 的方位作为圆形阀芯发生扭转的方位，在该方位对应的高速相机成像中，测量得到所有内钩环所在的圆形阀芯横断面的圆心 O 到透明管外壁的距离 l ，再通过公式 (1) 得到圆形阀芯的扭转角度 α ，该扭转角度 α 小于 90° ：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{b_{max} - a}{l}\right) \quad (1)$$

6) 根据公式 (2) 计算出每根弹簧测力计竖直方向方向上的分力 F_{ln} ：

$$F_{ln} = F_n \times \cos \beta_n \quad (2)$$

其中， $F_n = F'_n - F_0$ ；

7) 测出与每根弹簧测力计所在半径与圆形阀芯的扭转中心轴之间的夹角 γ_n ，夹角 γ_n 小于 90° ，所述每根弹簧测力计所在半径为与这根弹簧测力计相连的内钩环与所述圆心 O 的连线；根据公式 (3) 计算出每根弹簧测力计到扭转中心

轴所在的竖直平面的垂直距离 L_n :

$$L_n = R \times \sin \gamma_n \times \cos \alpha \quad (3)$$

其中 R 为圆形阀芯的横截面半径;

8) 根据公式(4)将扭转中心轴同一侧每根弹簧测力计所产生的的扭矩相加, 得到圆形阀芯的总扭矩:

$$T = F_{11} \times L_1 + F_{12} \times L_2 + \dots + F_{1n} \times L_n \quad (4)。$$

本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点:

(1) 本发明所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置, 将阀芯底面抽象的力矩分布情况巧妙地通过阀芯的翻转角度以及阀芯外侧不同位置的拉力大小间接反应出来, 再通过受力分析以及计算公式计算出圆形阀芯关于某条扭转中心轴的扭矩。

(2) 本发明所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置, 针对性强, 结构紧凑, 制造简单, 造价便宜。

附图说明

为使本发明的内容更容易被理解, 下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细说明, 其中:

图 1 为圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置的示意图。

图 2 为无水流冲击时装置中圆形阀芯部分的俯视图和主视图, (a) 为俯视图, (b) 为俯视图。

图 3 为水流冲击时装置中圆形阀芯部分的俯视图和主视图, (a) 为无不平衡力矩作用下圆形阀芯部分主视图, (b) 为受不平衡力矩作用下圆形阀芯部分主视图, (c) 为受不平衡力矩作用下圆形阀芯部分俯视图。

图中: 1、透明管; 2、弹簧测力计; 3、外钩环; 4、圆形阀芯; 5、阀芯底面附加层; 6、渐扩式异型管; 7、摄影支架; 8、高速相机; 9、内钩环; 10、水箱; 11、激光源。

具体实施方式

以下结合附图对本发明作进一步说明。

如图 1 所示,在本实施例中,一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置包括渐扩式异型管 6、水箱 10、透明管 1、弹簧测力计 2、激光源 11、圆形阀芯 4 以及高速相机 8。

透明管 1 为透明的亚克力管,能够直接观察到管内的情况。透明管 1 垂直水平面放置,待测量的圆形阀芯 4 置于垂直的透明管 1 内。且透明管 1 的主体部分管径均匀,内壁光滑,避免产生水流波动。透明管 1 外壁上沿程标记有定位刻度。一般设置 5mm 为一个刻度,方便测定圆形阀芯 4 翻转时外侧激光源在透明管 1 上所投射的位置。圆形阀芯 4 成圆柱形,圆形阀芯 4 侧壁的同一直高度上周向等角度均布有 20 个内钩环 9,且圆形阀芯 4 侧壁上在每个内钩环 9 正上方还固定有一个激光源 11,共 20 个激光源 11。相邻内钩环 9、相邻激光源 11 之间间隔均为 18° 。每个内钩环 9 正上方的激光源 11 均位于圆形阀芯 4 侧壁的同一直高度处,且每个激光源 11 的激光发射方向所在直线均穿过所有激光源 11 所在的圆形阀芯 4 横断面的圆心,激光发射方向所在直线与圆形阀芯 4 的中轴线垂直。在实际测量过程中,将激光源 11 电源打开。当圆形阀芯 4 与透明管 1 的中轴线重合,没有发生倾斜扭转的情况下,每个激光源 11 的激光发射方向均是水平的,此时不同激光源 11 的激光打在定位刻度上形成的读数应当是相同的。而当圆形阀芯 4 出现倾斜扭转时,相应的激光源 11 的激光发射方向也会随之出现倾斜,进而改变激光打在定位刻度上形成的读数。通过各激光源 11 前后读数的变化,可以还原出圆形阀芯 4 的扭转方向和扭转角度。

另外,计算不平衡力矩还需要计算力的大小,该装置中通过弹簧测力计 2 来实现。具体如图 2 所示,透明管 1 内壁上同一高度周向等角度均布有与内钩环 9 数量相等的外钩环 3,内钩环 9 与外钩环 3 两两成对,且每对内钩环 9 与外钩环 3 通过一个张紧的弹簧测力计 2 相连。透明管 1 内径应大于两个弹簧测力计 2 的长度以及圆形阀芯 4 直径之和,以便于安装。在圆形阀芯 4 与透明管 1 的中轴线重合,没有发生倾斜扭转的情况下,所有弹簧测力计 2 呈中心对称分布,每条弹簧测力计 2 的拉力方向与其正上方的激光源 11 的激光发射方向平行。当然,由于圆形阀芯 4 本身具有一定的重量,因此弹簧测力计 2 会存在一定的倾斜角才能克服圆形阀芯 4 的重力使其悬浮。但只要弹簧测力计 2 足够多,或者弹簧测力计 2 的弹性系数足够大,该倾斜角度几乎可以忽略,所有弹簧测力计 2 可以近似

视为处于同一水平平面上。本发明中，弹簧测力计 2、外钩环 3、内钩环 9 和激光光源 11 的数量均为 20，可以满足使用要求，当然如有需要也可以适当调整具体数量。此时，每条弹簧测力计 2 的延长线均穿过所有内钩环 9 所在的圆形阀芯 4 横截面的圆心。所有弹簧测力计 2 的型号、尺寸均相同，在圆形阀芯 4 与透明管 1 的中轴线重合，没有发生倾斜扭转的情况下，所有弹簧测力计 2 对圆形阀芯 4 施加相同的拉力。

透明管 1 的两端具有进水口和出水口，进水口在下，出水口在上，进水以上升流形式流经圆形阀芯 4，形成冲击阀芯底面的水流，水流对圆形阀芯 4 底面产生水流推动。当圆形阀芯 4 底面存在不平衡力矩时，会导致底面不同位置水流推力不均，形成使圆形阀芯 4 翻转的力矩。透明管 1 的进水是通过渐扩式异型管 6 实现的，渐扩式异型管 6 的渐缩端作为进水口，渐扩端与透明管 1 底部平滑连通。而且，为了防止进水对圆形阀芯 4 造成扰动，渐扩式异型管 6 呈近似 90° 的圆弧型布置，水平进水，垂直向上出水。透明管 1 顶部通过一个 180° 的弯弧形管道连通水箱 10，将从下往上冲上来的水流排入水箱 10。本实施例中，渐扩式异型管 6 大口径端的管径为 300mm，用来连接亚克力管；小口径端的管径为 100mm，用来往亚克力管里加水。圆形阀芯 4 直径为 100mm。

高速相机 8 放置于透明管 1 外部，用于绕透明管 1 周向，在不同方位对圆形阀芯 4 及弹簧测力计 2 在管内的姿态进行成像。高速相机 8 可以架设于摄影支架 7 上，摄影支架 7 的高度最好可调。

另外，圆形阀芯 4 底面设有若干螺栓孔，用于固定阀芯底面附加层 5，其目的是为了后续研究如何减小阀芯底面不平衡力矩的产生而对阀门底面结构做出改变。

上述装置在进行圆形阀芯 4 底部不平衡力矩测试时，水从渐扩式异型管 6 小口径端口进入，接着进入亚克力管 1，往上涌冲击圆形阀芯 4 底部形成不平衡力矩。附图 3 (a) 所示，圆形阀芯 4 受到水流冲击首先向上平移，弹簧测力计 2 受力均匀。受不平衡力矩影响，圆形阀芯 4 发生扭转，附图 3 (b) 和 3 (c) 所示，弹簧测力计 2 受力不均匀，不同方位激光光源 11 在亚克力管 1 外壁上所留下的刻度不同。水流流经圆形阀芯 4 后，进入水箱 10。

利用该装置进行圆形阀芯底面不平衡力矩测量的过程如下：将摄影支架 7

放置于透明管 1 周向, 根据圆形阀芯 4 外侧 20 个内钩环所对的角度以阀芯圆点 O 为圆心, 进行环形同心圆布置。将一台高速相机 8 架在摄影支架 7 上依次对不同方位下圆形阀芯 4 在水流冲击下形成的不平衡状态进行记录, 读出激光源 11 在外壁上所对的刻度以及弹簧测力计 2 上的拉力; 对高速相机 8 拍来的照片中圆形阀芯 4 倾斜角度进行测量, 并结合不同方位激光源 11 在外壁上所对的刻度判断出圆形阀芯 4 在哪个方位发生扭转; 对高速相机 8 拍来的照片中各个方位弹簧测力计 2 的角度进行测量, 并计算出其竖直方向上的分力; 最后结合圆形阀芯 4 倾斜角度、每根弹簧测力计 2 竖直分力以及每根弹簧测力计 2 到扭转中心轴的垂直距离, 计算出圆形阀芯 4 关于这条扭转中心轴的扭矩。

下面详细叙述该圆形阀芯底面不平衡力矩测量方法, 具体步骤如下:

1) 将待测量的圆形阀芯 4 安装于测量装置中, 使圆形阀芯 4 在所有弹簧测力计 2 的拉力下悬空于透明管 1 中, 且保证圆形阀芯 4 与透明管 1 的中轴线重合, 没有发生倾斜扭转;

2) 保持所有弹簧测力计 2 位于同一水平面上, 记录当前状态下所有弹簧测力计 2 的示数 F_0 ;

3) 通过渐扩式异型管 6 向透明管 1 中进水对圆形阀芯 4 底面进行水流冲击, 待圆形阀芯 4 达到稳定状态时, 利用高速相机 8 以水平正对圆形阀芯 4 的高度, 绕透明管 1 周向在不同方位对圆形阀芯 4 及弹簧测力计 2 在管内的姿态进行成像; 同时记录每条弹簧测力计 2 的示数 F'_n , 以及每个激光源 11 发射的激光在透明管 1 外壁上定位刻度示数 b_n ;

4) 从不同方位的高速相机 8 成像中, 测量得到每条弹簧测力计 2 与竖直方向的夹角 β_n ; 同时从成像中选取两个位于圆形阀芯 4 横截面中一条直径两端的两个激光源, 将这两个激光源连线与阀芯中轴线相交的点水平移至透明管管壁读出读数 a ;

5) 然后需要判断圆形阀芯 4 在水流冲击下在哪个方位发生偏转。当圆形阀芯 4 底部收到水流冲击时, 首先水平上移, 接着在不平衡力矩的作用下, 在某个方位上发生扭转。通过不同方位拍摄到的圆形阀芯 4 不平衡状态记录圆心在亚克力管 1 外壁上的刻度 a , 并根据记录不同方位最外侧激光源 11 在亚克力管 1 外壁上的刻度, 找出与 a 差值最大的 b_n 记为 b_{max} , 以拍摄得到 b_{max} 的方位作为圆形

阀芯 4 发生扭转的方位,进而可以确定扭转中心轴所在位置,即 b_{max} 的对应的高速相机拍摄方向。在该方位对应的高速相机 8 成像中,测量得到所有内钩环 9 所在的圆形阀芯 4 横断面的圆心 O 到透明管 1 外壁的距离 l ,再通过公式 (1) 得到圆形阀芯 4 的扭转角度 α ,该扭转角度 α 小于 90° :

$$\alpha = \arctan\left(\frac{b_{\max} - a}{l}\right) \quad (1)$$

6) 根据公式 (2) 计算出每根弹簧测力计 2 竖直方向方向上的分力 F_{1n} :

$$F_{1n} = F_n \times \cos \beta_n \quad (2)$$

其中, $F_n = F'_n - F_0$;

7) 测出与每根弹簧测力计 2 所在半径与圆形阀芯 4 的扭转中心轴之间的夹角 γ_n , 夹角 γ_n 小于 90° ; 所述每根弹簧测力计 2 所在半径为与这根弹簧测力计 2 相连的内钩环 9 与所述圆心 O 的连线; 根据公式 (3) 计算出每根弹簧测力计 2 到扭转中心轴所在的竖直平面的垂直距离 L_n :

$$L_n = R \times \sin \gamma_n \times \cos \alpha \quad (3)$$

其中 R 为圆形阀芯 4 的横截面半径;

8) 整个圆形阀芯被扭转中心轴分成左右两半, 右侧所有的弹簧扭矩相加的值应与左侧所有弹簧扭矩相加的值相同。因此, 根据公式 (4) 将扭转中心轴同一侧 (可选择任何一侧进行计算) 每根弹簧测力计所产生的的扭矩相加, 得到圆形阀芯 4 的总扭矩:

$$T = F_{11} \times L_1 + F_{12} \times L_2 + \dots + F_{1n} \times L_n \quad (4)。$$

权 利 要 求 书

1. 一种圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，包括渐扩式异型管（6）、水箱（10）、透明管（1）、弹簧测力计（2）、激光源（11）、圆形阀芯（4）以及高速相机（8）；

所述的圆形阀芯（4）置于垂直的透明管（1）内，透明管（1）外壁上沿程标记有定位刻度；圆形阀芯（4）侧壁的同一高度上周向等角度均布有若干个内钩环（9），且圆形阀芯（4）侧壁上在每个内钩环（9）正上方还固定有一个激光源（11）；每个内钩环（9）正上方的激光源（11）均位于圆形阀芯（4）侧壁的同一高度处，且每个激光源（11）的激光发射方向所在直线均穿过所有激光源（11）所在的圆形阀芯（4）横断面的圆心；所述透明管（1）内壁上同一高度周向等角度均布有与内钩环（9）数量相等的外钩环（3），内钩环（9）与外钩环（3）两两成对，且每对内钩环（9）与外钩环（3）通过一个张紧的弹簧测力计（2）相连；在圆形阀芯（4）与透明管（1）的中轴线重合，没有发生倾斜扭转的情况下，所有弹簧测力计（2）呈中心对称分布，每条弹簧测力计（2）的拉力方向与其正上方的激光源（11）的激光发射方向平行；

所述的渐扩式异型管（6）的渐缩端作为进水口，渐扩端与透明管（1）底部平滑连通；

所述的高速相机（8）放置于透明管（1）外部，用于绕透明管（1）周向，在不同方位对圆形阀芯（4）及弹簧测力计（2）在管内的姿态进行成像。

2. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的弹簧测力计（2）、外钩环（3）、内钩环（9）和激光源（11）的数量均为 20。

3. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的渐扩式异型管（6）呈圆弧型布置，水平进水，垂直向上出水。

4. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述透明管（1）内径应大于两个弹簧测力计（2）的长度以及圆形阀芯（4）直径之和。

5. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的圆形阀芯（4）底面设有若干螺栓孔，用于固定阀芯底面附加层（5）。

6. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的高速相机（8）架设于摄影支架（7）上。

7. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的透明管（1）顶部连通水箱（10）。

8. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所有弹簧测力计（2）的型号、尺寸均相同，在圆形阀芯（4）与透明管（1）的中轴线重合，没有发生倾斜扭转的情况下，所有弹簧测力计（2）对圆形阀芯（4）施加相同的拉力。

9. 如权利要求 1 所述的圆形阀芯底面不平衡力矩测量装置，其特征在于，所述的透明管（1）为亚克力管。

10. 一种利用如权利要求 1~9 任一所述测量装置的圆形阀芯底面不平衡力矩测量方法，其特征在于，步骤如下：

1) 将待测量的圆形阀芯（4）安装于测量装置中，使圆形阀芯（4）在所有弹簧测力计（2）的拉力下悬空于透明管（1）中，且保证圆形阀芯（4）与透明管（1）的中轴线重合，没有发生倾斜扭转；

2) 保持所有弹簧测力计（2）位于同一水平面上，记录当前状态下所有弹簧测力计（2）的示数 F_0 ；

3) 通过渐扩式异型管（6）向透明管（1）中进水对圆形阀芯（4）底面进行水流冲击，待圆形阀芯（4）达到稳定状态时，利用高速相机（8）以水平正对圆形阀芯（4）的高度，绕透明管（1）周向在不同方位对圆形阀芯（4）及弹簧测力计（2）在管内的姿态进行成像；同时记录每条弹簧测力计（2）的示数 F'_n ，以及每个激光源（11）发射的激光在透明管（1）外壁上定位刻度示数 b_n ；

4) 从不同方位的高速相机（8）成像中，测量得到每条弹簧测力计（2）与竖直方向的夹角 β_n ；同时从成像中选取两个位于圆形阀芯（4）横截面中一条直径两端的两个激光源，将这两个激光源连线与阀芯中轴线相交的点水平移至透明管管壁读出读数 a ；

5) 找出与 a 差值最大的 b_n 记为 b_{max} ，以拍摄得到 b_{max} 的方位作为圆形阀芯（4）发生扭转的方位，在该方位对应的高速相机（8）成像中，测量得到所有内钩环（9）所在的圆形阀芯（4）横断面的圆心 O 到透明管（1）外壁的距离 l ，

再通过公式（1）得到圆形阀芯（4）的扭转角度 α ，该扭转角度 α 小于 90° ：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{b_{\max} - a}{l}\right) \quad (1)$$

6) 根据公式（2）计算出每根弹簧测力计（2）竖直方向方向上的分力 F_{ln} ：

$$F_{ln} = F_n \times \cos \beta_n \quad (2)$$

其中， $F_n = F'_n - F_0$ ；

7) 测出与每根弹簧测力计（2）所在半径与圆形阀芯（4）的扭转中心轴之间的夹角 γ_n ，夹角 γ_n 小于 90° ；所述每根弹簧测力计（2）所在半径为与这根弹簧测力计（2）相连的内钩环（9）与所述圆心 O 的连线；根据公式（3）计算出每根弹簧测力计（2）到扭转中心轴所在的竖直平面的垂直距离 L_n ：

$$L_n = R \times \sin \gamma_n \times \cos \alpha \quad (3)$$

其中 R 为圆形阀芯（4）的横截面半径；

8) 根据公式（4）将扭转中心轴同一侧每根弹簧测力计所产生的的扭矩相加，得到圆形阀芯（4）的总扭矩：

$$T = F_{11} \times L_1 + F_{12} \times L_2 + \dots + F_{1n} \times L_n \quad (4)。$$

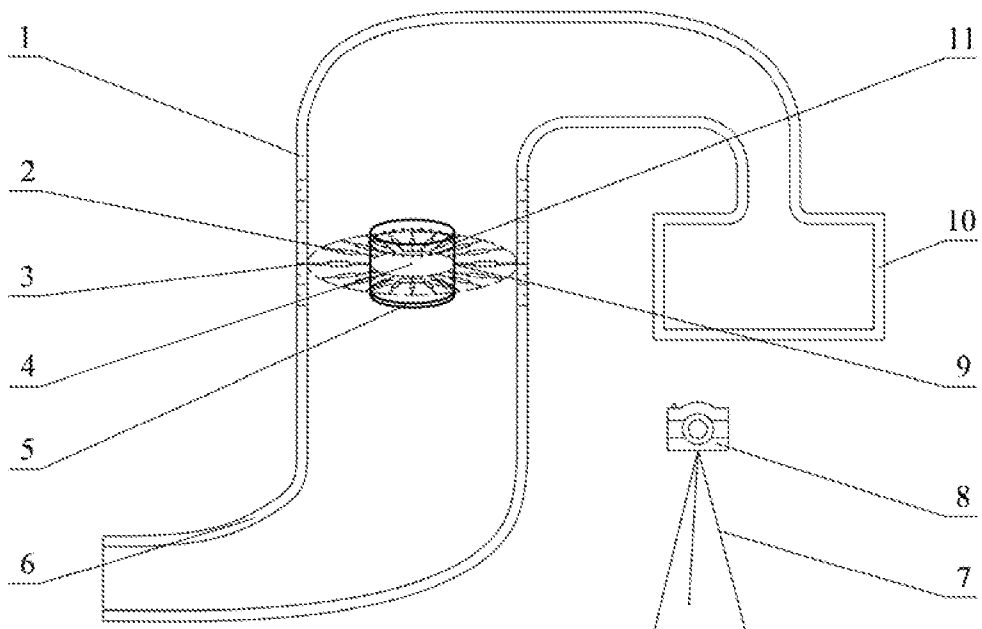


图 1

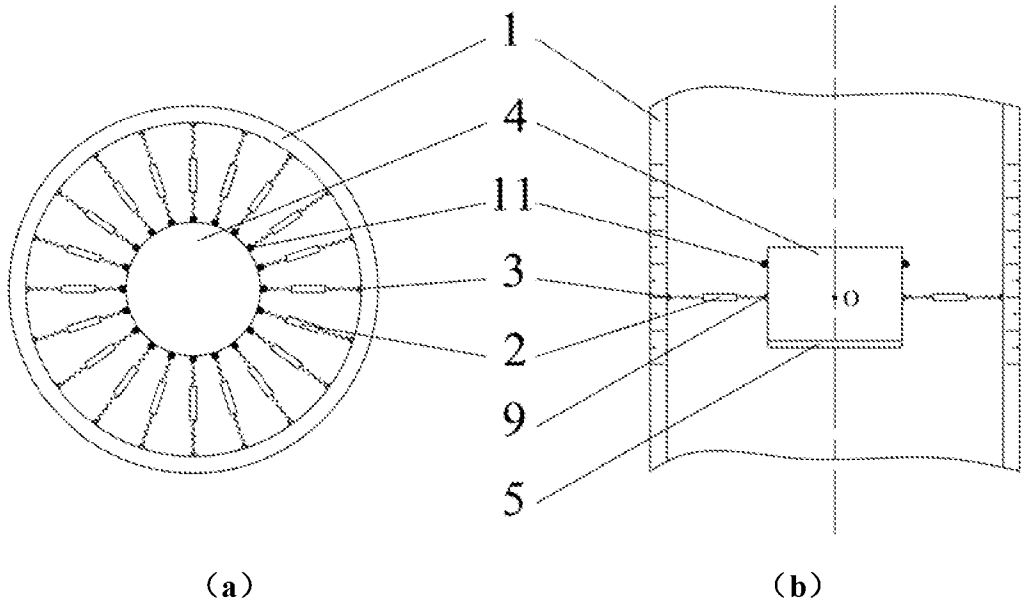


图 2

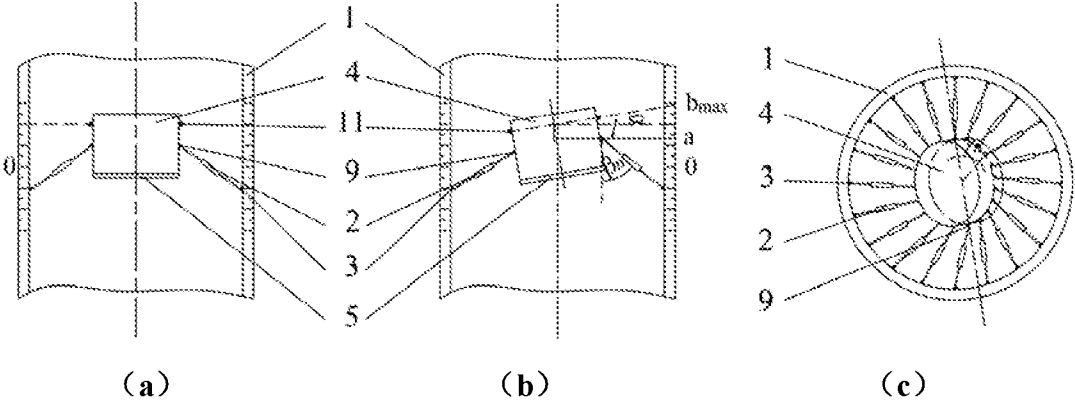


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/089876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L 1/08(2006.01)i; G01M 1/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L1/-; G01M1/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CJFD; CNABS; CNTXT: 动平衡, 不平衡, 阀芯, 弹性, 弹簧, 力矩, 扭矩, 转矩, 激光, 水流; VEN, DWPI, SIPOABS: balanc+, unbalance+, valve, core, spring, moment, torque, laser

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110132455 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 16 August 2019 (2019-08-16) description, paragraphs [0043]-[0065], claims 1-10, figures 1-3	1-10
A	CN 109596247 A (ANHUI XIANGSHUIJIAN PUMPED STORAGE CO., LTD. et al.) 09 April 2019 (2019-04-09) description, paragraphs [0034]-[0035], and figures 1-2	1-10
A	CN 107300440 A (WUHAN SHIP MACHINERY CO., LTD.) 27 October 2017 (2017-10-27) entire document	1-10
A	US 2015107375 A1 (STANLEY RONALD FRANK) 23 April 2015 (2015-04-23) entire document	1-10
A	US 2010212422 A1 (ALLEN JEFFREY SCOTT et al.) 26 August 2010 (2010-08-26) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 August 2020

Date of mailing of the international search report

13 August 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/089876

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110132455	A	16 August 2019	CN	110132455	B	17 March 2020
CN	109596247	A	09 April 2019	None			
CN	107300440	A	27 October 2017	None			
US	2015107375	A1	23 April 2015	US	10151660	B2	11 December 2018
US	2010212422	A1	26 August 2010	WO	2010098939	A3	30 June 2011
				CA	2752202	C	06 June 2017
				WO	2010098939	A2	02 September 2010
				JP	5727942	B2	03 June 2015
				US	8051709	B2	08 November 2011
				WO	2010098939	A8	23 December 2010
				CA	2752202	A1	02 September 2010
				EP	2401476	A2	04 January 2012
				JP	2012518743	A	16 August 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/089876

A. 主题的分类 G01L 1/08(2006.01)i; G01M 1/14(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01L1/-; G01M1/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI;CJFD;CNABS;CNTXT: 动平衡, 不平衡, 阀芯, 弹性, 弹簧, 力矩, 扭矩, 转矩, 激光, 水流; VEN, DWPI, SIPOA-BS: balanc+, unbalance+, valve, core, spring, moment, torque, laser																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110132455 A (浙江大学) 2019年 8月 16日 (2019 - 08 - 16) 说明书第[0043]-[0065]段, 权利要求1-10, 图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109596247 A (安徽响水涧抽水蓄能有限公司等) 2019年 4月 9日 (2019 - 04 - 09) 说明书第[0034]-[0035]段, 图1-2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107300440 A (武汉船用机械有限责任公司) 2017年 10月 27日 (2017 - 10 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015107375 A1 (STANLEY RONALD FRANK) 2015年 4月 23日 (2015 - 04 - 23) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2010212422 A1 (ALLEN JEFFREY SCOTT等) 2010年 8月 26日 (2010 - 08 - 26) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110132455 A (浙江大学) 2019年 8月 16日 (2019 - 08 - 16) 说明书第[0043]-[0065]段, 权利要求1-10, 图1-3	1-10	A	CN 109596247 A (安徽响水涧抽水蓄能有限公司等) 2019年 4月 9日 (2019 - 04 - 09) 说明书第[0034]-[0035]段, 图1-2	1-10	A	CN 107300440 A (武汉船用机械有限责任公司) 2017年 10月 27日 (2017 - 10 - 27) 全文	1-10	A	US 2015107375 A1 (STANLEY RONALD FRANK) 2015年 4月 23日 (2015 - 04 - 23) 全文	1-10	A	US 2010212422 A1 (ALLEN JEFFREY SCOTT等) 2010年 8月 26日 (2010 - 08 - 26) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 110132455 A (浙江大学) 2019年 8月 16日 (2019 - 08 - 16) 说明书第[0043]-[0065]段, 权利要求1-10, 图1-3	1-10																		
A	CN 109596247 A (安徽响水涧抽水蓄能有限公司等) 2019年 4月 9日 (2019 - 04 - 09) 说明书第[0034]-[0035]段, 图1-2	1-10																		
A	CN 107300440 A (武汉船用机械有限责任公司) 2017年 10月 27日 (2017 - 10 - 27) 全文	1-10																		
A	US 2015107375 A1 (STANLEY RONALD FRANK) 2015年 4月 23日 (2015 - 04 - 23) 全文	1-10																		
A	US 2010212422 A1 (ALLEN JEFFREY SCOTT等) 2010年 8月 26日 (2010 - 08 - 26) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期																		
2020年 8月 5日		2020年 8月 13日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员																		
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		魏晓薇 电话号码 86-010-62089508																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/089876

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	110132455	A	2019年 8月 16日	CN 110132455 B	2020年 3月 17日
CN	109596247	A	2019年 4月 9日	无	
CN	107300440	A	2017年 10月 27日	无	
US	2015107375	A1	2015年 4月 23日	US 10151660 B2	2018年 12月 11日
US	2010212422	A1	2010年 8月 26日	WO 2010098939 A3	2011年 6月 30日
				CA 2752202 C	2017年 6月 6日
				WO 2010098939 A2	2010年 9月 2日
				JP 5727942 B2	2015年 6月 3日
				US 8051709 B2	2011年 11月 8日
				WO 2010098939 A8	2010年 12月 23日
				CA 2752202 A1	2010年 9月 2日
				EP 2401476 A2	2012年 1月 4日
				JP 2012518743 A	2012年 8月 16日