



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102012251 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 15

(21) 申请号 201010299459. 8

CN 101819056 A, 2010. 09. 01, 全文.

(22) 申请日 2010. 09. 29

审查员 向薇

(73) 专利权人 西安东风机电有限公司

地址 710000 陕西省西安市高新区沣惠南路
36 号橡树街区 B406

(72) 发明人 任建新 张忠洋 刘景峰 张鹏
熊亮

(51) Int. Cl.

G01F 25/00 (2006. 01)

G01F 1/80 (2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2010/088921 A1, 2010. 08. 12, 全文.

CN 2729652 Y, 2005. 09. 28, 全文.

CN 101581595 A, 2009. 11. 18, 全文.

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

检测科氏流量计振动管管壁附加物、磨损或
腐蚀的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及流体密度测量、质量测量的科里
奥利质量流量计应用的所有领域。本发明检测科
氏流量计振动管管壁附加物、磨损或腐蚀的方法，
包括以下步骤：预定振动管的三阶谐振频率的阈
值低值和高值；周期性地测量振动管的三阶谐振
频率；将测得的三阶谐振频率与阈值进行比较，
同时分析所测得的三阶谐振频率的变化规律。一
种实现本发明所述方法的装置，包括以下结构：
控制振动管中流体流动或停止的零点判定辅助装
置、控制零点判定辅助装置的控制装置、统计分析
三阶谐振频率及其变化的解算装置。本发明的方
法能够更准确地判断科里奥利质量流量计振动管
有附加物和被磨损或腐蚀的异常工作状态。

1. 检测科氏流量计振动管管壁附加物、磨损或腐蚀的方法,其特征在于包括以下步骤:

预定振动管的三阶谐振频率的阈值低值和高值;

周期性地测量振动管的三阶谐振频率;

将测得的三阶谐振频率与阈值进行比较,同时分析所测得的三阶谐振频率的变化规律。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于包括以下步骤:

预定振动管的三阶谐振频率的阈值低值和高值;

周期性地使振动管中的流体停止流动,测量振动管的三阶谐振频率;

将测得的三阶谐振频率与阈值进行比较,同时分析所测得的三阶谐振频率的变化规律。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于

当测得的三阶谐振频率小于阈值的低值,同时所测得的三阶谐振频率单调下降时,确认科氏流量计振动管管壁有附加物。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于

当测得的三阶谐振频率大于阈值的低值且小于阈值的高值,同时所测得的三阶谐振频率先单调增加,然后单调下降时,确认科氏流量计振动管管壁被磨损。

5. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于

当测得的三阶谐振频率先大于阈值的低值,但小于阈值的高值,然后小于阈值的低值,确认科氏流量计振动管管壁既有附加物,又被磨损。

6. 一种实现如权利要求1所述方法的装置,其特征在于包括统计分析三阶谐振频率及其变化的解算装置。

7. 一种实现如权利要求2所述方法的装置,其特征在于包括以下结构:

控制零点判定辅助装置的控制装置、统计分析三阶谐振频率及其变化的解算装置。

8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于所述的装置中还设有控制振动管中流体流动或停止的零点判定辅助装置。

9. 如权利要求8所述的装置,其特征在于所述的零点判定辅助装置是截止阀。

10. 如权利要求6或7所述的装置,其特征在于所述的解算装置由信号采集元件、信号调理元件、信号处理元件和数据存储装置组成。

检测科氏流量计振动管管壁附加物、磨损或腐蚀的方法和装置

【技术领域】

【0001】 本发明涉及石油、化工、天然气等工业过程流体密度测量、质量测量的科里奥利质量流量计应用的所有领域,尤其涉及科里奥利质量流量计的工作状态在线监测、在线标定和故障诊断。

【背景技术】

【0002】 科里奥利质量流量计被用来测量流过管道的物质的质量流量和其它信息。正如在授予 J. E. Smith 等人的 1982 年 2 月 11 日的美国专利 Re. 31450, 授予 J. E. Smith 等人的 1985 年 1 月 1 日的美国专利 NO. 4491025 和任思聪等人的 2006 年 11 月 21 日的中国专利 NO. ZL200410073046. 2 公开的, 这种流量计具有一个或多个相同配置的振动管, 每个振动管配置可以被看作具有一组固有振动模式, 例如包括简单弯曲、扭转、径向和耦合模式。在典型的科里奥利质量流量计的应用中, 当物质流过该管道时, 振动管以一种或多种振动模式振动。当被测流体静止或被测流体未充入振动管时, 流量计振动管上所有位置具有相同的振动相位, 当流体以一定的速度流过该振动管时, 科里奥利加速度导致沿着该振动管的每个点相对于沿着该振动管的其它点有不同的相位。该振动管入口端处的相位落后于驱动器, 输出端处的相位超前于驱动器, 将拾振器布置于振动管的不同点处, 产生与振动管不同点处振动相位有关的正弦信号, 以时间单位计算拾取的正弦信号的相位差, 相位差与流过振动管的质量流量成比例。

【0003】 科里奥利质量流量计测量的流体不完全是单一组分, 具有一定的粘性, 甚至有的被测流体粘度很大, 有的被测流体对科里奥利质量流量计振动管存在腐蚀作用, 有的被测流体中存在固相流或悬浮固体颗粒。对有曲率振动管的科里奥利质量流量计, 被测流体中的固相流及少量的被测流体中的杂质更容易在振动管的弯道处与直道处相接部位的相邻区域沉积, 形成科里奥利质量流量计振动管上的附加物 (附加物包括被测流体中的杂质、固体颗粒及附加在振动管内壁上使得振动管质量增加的所有物质), 被测流体中的固相流或固体颗粒对科里奥利质量流量计振动管存在冲蚀磨损和撞击磨损 (通常是非均匀磨损)。无论是冲蚀磨损、撞击磨损还是流体对振动管的腐蚀作用, 都是对科里奥利质量流量计振动管的磨损作用。附加物使得振动管局部出现集中质量, 磨损作用使得振动管的局部管壁变薄。它们对科里奥利质量流量计的零点漂移、流量斜率存在一定影响, 影响科里奥利质量流量计对流体的密度、质量、粘度等参数的测量精度。为保证质量流量仪表的准确计量, 科里奥利质量流量计在出厂前和维护后必须定期的对其进行测试、校验及标定, 使用中也必须定期对其进行离线的校准, 《中华人民共和国国家计量检定规程》中规定科里奥利质量流量计的检定周期一般不超过 2 年。这种校准方法具有许多问题。一个问题是, 校准周期较短, 离线校准耗费较多的人力资源, 物理资源和财力。另一个极其重要的问题就是, 在校准周期以内, 不能实时地监测科里奥利质量流量计的异常工作状态 (包括附加物、磨损或腐蚀), 随着附加物质量和磨损程度不断增加, 科里奥利质量流量计的测量精度不断降

低,产生严重测量误差。

[0004] 在授予 B.L. 卡本特和 A.X. 路纳等人的 1997 年 11 月 26 日美国专利 NO. 95195442.3 专利中,公开了用于科里奥利质量流量计中故障检测和校正的方法和装置。该专利中提到的方法和装置的理论基础是:振动管振动所需要的驱动功率和振动管的谐振频率是科里奥利质量流量计振动管工作状态出现异常的标志,在其公开的内容中也重点强调了利用驱动功率和振动管的谐振频率可以确定所有异常工作状态,在其实施例中主要用于检测振动管裂缝故障。其规律是:随着裂缝存在的时间的延长,谐振频率按非线性递减,递减速率不断增加;驱动功率按非线性递增,递增速率也不断增加。这种方法的不足在于,所说的谐振频率是振动管的一阶谐振频率,当振动管处于多种异常工作状态(包括附加物质量的增加,管道内壁的磨损与腐蚀等)时,各种异常状态造成的驱动功率和振动管的一阶谐振频率的变化特征相同时,难以区分究竟是哪种异常工作状态影响了对流体测量的精度。例如:当科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物时,驱动功率随附加物质量的增加按非线性递增,递增速率不断增加;当科里奥利质量流量计振动管被磨损时,一阶谐振频率随磨损程度增加按非线性递减,递减速率不断增加。所以,当科里奥利质量流量计振动管存在多种异常工作状态,比如说裂缝、附加物和磨损等异常工作状态同时存在时,利用驱动功率和一阶谐振频率的变化趋势判断出科里奥利质量流量计振动管处于有裂缝异常工作状态、振动管有附加物异常工作状态或者振动管被磨损的异常工作状态是不准确的。或者就根本无法确认科里奥利质量流量计振动管处于哪种异常工作状态。

【发明内容】

[0005] 本发明的目的是提供一种确认科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物、振动管管壁被磨损或腐蚀的方法,该方法能准确、简单地通过解算科里奥利质量流量计振动管的三阶谐振频率对振动管有附加物和振动管被磨损异常工作状态进行在线监测,实时判断。

[0006] 本发明还提供了一种实现上述方法的装置。

[0007] 本发明一方面包括用于确认科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物、振动管管壁被磨损或腐蚀的方法,包括以下步骤:

[0008] 预定振动管的三阶谐振频率的阈值低值和高值;

[0009] 周期性地测量振动管的三阶谐振频率;

[0010] 将测得的三阶谐振频率与阈值进行比较,同时分析所测得的三阶谐振频率的变化规律。

[0011] 当测得的三阶谐振频率小于阈值的低值,同时所测得的三阶谐振频率单调下降时,确认科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物。

[0012] 当测得的三阶谐振频率大于阈值的低值且小于阈值的高值,同时所测得的三阶谐振频率先单调增加,然后单调下降时,确认科里奥利质量流量计振动管管壁被磨损。

[0013] 当测得的三阶谐振频率先大于阈值的低值,但小于阈值的高值,然后小于阈值的低值,确认科里奥利质量流量计振动管管壁既有附加物,又被磨损。

[0014] 本发明另一方面包括一种实现上述方法的装置,该装置中设有统计分析三阶谐振频率及其变化的解算装置。

[0015] 所述的解算装置优选是由信号采集元件、信号调理元件、信号处理元件和数据存

储装置组成,其中数据存储装置用于存储各次测量数据,因此新的监测数据与存储的历史数据可以进行比较,判断新的数据相对历史数据的变化趋势。

[0016] 为进一步提高准确度,本发明还有一方面是提供一种用于确认科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物、振动管管壁被磨损或腐蚀的方法,包括以下步骤:

[0017] 预定振动管的三阶谐振频率的阈值低值和高值;

[0018] 周期性地使振动管中的流体停止流动,测量振动管的三阶谐振频率;

[0019] 将测得的三阶谐振频率与阈值进行比较,同时分析所测得的三阶谐振频率的变化规律。

[0020] 当测得的三阶谐振频率小于阈值的低值,同时所测得的三阶谐振频率单调下降时,确认科里奥利质量流量计振动管管壁有附加物。

[0021] 当测得的三阶谐振频率大于阈值的低值且小于阈值的高值,同时所测得的三阶谐振频率先单调增加,然后单调下降时,确认科里奥利质量流量计振动管管壁被磨损。

[0022] 当测得的三阶谐振频率先大于阈值的低值,但小于阈值的高值,然后小于阈值的低值,确认科里奥利质量流量计振动管管壁既有附加物,又被磨损。

[0023] 本发明还有一方面包括一种实现上述方法的装置,其特征在于包括:控制振动管中流体流动或停止的零点判定辅助装置、控制零点判定辅助装置的控制装置、统计分析三阶谐振频率及其变化的解算装置。

[0024] 其中所述的零点判定辅助装置优选是截止阀。

[0025] 所述的解算装置优选是由信号采集元件、信号调理元件、信号处理元件和数据存储装置组成,其中数据存储装置用于存储各次测量数据,因此新的监测数据与存储的历史数据可以进行比较,判断新的数据相对历史数据的变化趋势。

[0026] 本发明的上述方法能够更准确地在线监测,实时判断科里奥利质量流量计振动管处于其它异常工作状态的方法,尤其是科里奥利质量流量计振动管有附加物的异常工作状态的判断和振动管被磨损的异常工作状态的判断,为补偿测量误差、保证科里奥利质量流量计对流体参数测量值的准确度更高和延长科里奥利质量流量计的校准周期奠定基础。

【附图说明】

[0027] 图1是本发明的实施例中以酒精为被测流体,科里奥利质量流量计振动管有附加物时统计到的振动管的三阶谐振频率随附加物质量增加的变化量理论值分布曲线与实验数据分布曲线;

[0028] 图2是本发明的实施例中以水、酒精和煤油为被测流体,科里奥利质量流量计振动管被磨损时振动管的三阶谐振频率随磨损程度增加的理论值变化量柱状图;

[0029] 图3是本发明的实施例中以水、酒精和煤油为被测流体,科里奥利质量流量计振动管被磨损时统计到的振动管的三阶谐振频率随磨损程度增加的变化量实验数据柱状图;

[0030] 图4是实施例中的ZLJC7型科里奥利质量流量计结构示意图;

[0031] 图中:1——振动管,2——振动管,3——温度传感器,4、9、12——连接法兰,5——分流体,6、7——相位差检测装置,8、13——定距板,10——接线端,11——传感器本体,14——外壳,15——激振装置磁铁,16——激振装置线圈,17——科里奥利质量流量计,

18——截止阀。

【具体实施方式】

[0032] 流量计振动管的三阶谐振频率是振动管的固有属性,与振动管的结构密切相关。在理想工况下流体的运动状态不会影响三阶谐振频率的大小,三阶谐振频率被周期性地测量与分析,就实现了对流量计振动管异常工作状态的实时监测。由于振动管的三阶振型与科里奥利加速度导致的振动管的振型相似,另外流量计的工作环境往往是多种影响因素的耦合,为提高解算准确度,本实施例中采用了在流体静止状态下解算振动管三阶谐振频率。

[0033] 科里奥利质量流量计的应用领域中,难以避免其振动管存在固相物的沉积,使得流量计振动管有附加物,被测流体中的固相物对流量计振动管的磨损作用或被测流体对流量计振动管的腐蚀作用,使得流量计振动管被非均匀变薄。

[0034] 借助振动力学的假设模态分析方法计算科里奥利质量流量计振动管的谐振频率。利用假设模态方法将本实施例的 ZLJC7 型科里奥利质量流量计振动管进行离散化,得到离散化后梁的动能和势能,根据虚位移虚功及拉格朗日方程理论推导出梁的自由振动微分方程 $M\ddot{q} + Kq = 0$ 。假设方程的解为 $q = a \sin(pt + \varphi)$, a 为待定常数列阵。将 q 带入微分方程得,

[0035] $[K - M\lambda]a = 0$, $\lambda = p^2$, 由此得到 N 个特征值和相应的特征向量 a_i , $p_i = \sqrt{\lambda_i}$ 就是原连续的 N 个固有频率的近似值。

[0036] 当振动管的内壁出现附加物时,在计算梁的动能和势能时计入附加物质量的动能和势能,依次写入系统相应的矩阵 M 、 K 。 k_{ij} 保持不变,而 $m_{ij} = \int_0^L \rho \varphi_i \varphi_j dx + m \varphi_i(x) \varphi_j(x)$ (m 为附加物质量),取 $i = j = 3$,解得 ZLJC7 型科里奥利质量流量计振动管在不同附加物质量下的三阶频率(本发明的实施例的理论值变化量如图 1 中所示)。

[0037] 先求出原连续的 N 个固有频率的近似值,在振动管被磨损后,在计算梁的动能和势能时计入被磨损掉的材质质量的动能和势能,依次写入系统相应的矩阵 M 、 K ,同时对单位长度质量 ρ 进行调整。 k_{ij} 保持不变,而 $m_{ij} = \int_0^L \rho' \varphi_i \varphi_j dx - m' \varphi_i(x) \varphi_j(x)$ (m' 为振动管被磨损掉的质量),取 $i = j = 3$,解得 ZLJC7 型科里奥利质量流量计振动管在不同磨损程度下的三阶频率(本发明的实施例的理论值变化量如图 2 中所示)。

[0038] 本实施例是以水、酒精和煤油为被测流体。具体的实现过程为:系统在运行前,设定被测流体为水、酒精和煤油时科里奥利质量流量计振动管三阶谐振频率阈值(低/高),分别为 155.65Hz/157.135Hz、159.325Hz/161.030Hz 和 159.820Hz/161.220Hz。系统开启后,控制装置控制零点判定辅助装置周期性地开关,使振动管中流体周期性地停止流动,然后解算装置对相位差检测装置的拾振器的输出信号 a 、 b ,驱动线圈的输出信号 c 三路信号按一定的周期间隔(包括任何一个长短的周期,本实施例中取为一周)进行信号采集、信号调理、信号解算和数据存储,得到科里奥利质量流量计振动管的三阶谐振频率信息(如图 3 所示),最后统计分析三阶谐振频率及其变化。

[0039] 当测得的三阶谐振频率小于阈值的低值,同时所测得的三阶谐振频率单调下降时,则肯定 ZLJC7 型科里奥利质量流量计振动管处于有附加物异常工作状态;如果测得的三阶谐振频率大于阈值的低值且小于阈值的高值,同时所测得的三阶谐振频率先单调增

加,然后单调下降时,则肯定 ZLJC7 型科里奥利质量流量计振动管被磨损,处于振动管被磨损异常工作状态;如果测得的三阶谐振频率先大于阈值的低值,然后小于阈值的低值,则肯定振动管有附加物异常工作状态和振动管被磨损异常工作状态同时存在。本实施例中检测到的振动管有附加物时的三阶谐振频率变化量的实验数据与其理论值相比,最大误差低于 2%;以水、酒精、煤油为被测流体的磨损实施例中,检测到的三阶谐振频率实验值与理论值相比,最大误差低于 3%。所以利用三阶谐振频率的变化检测科里奥利质量流量计振动管的附加物异常工作状态与振动管被磨损异常工作状态是可行的。

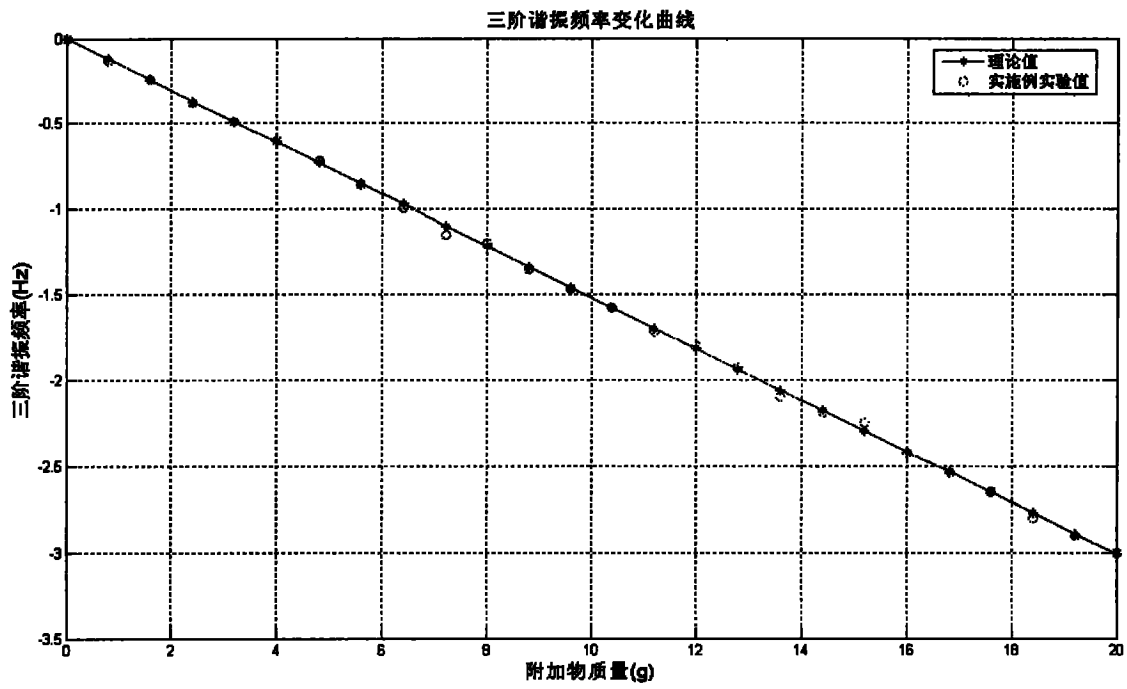


图 1

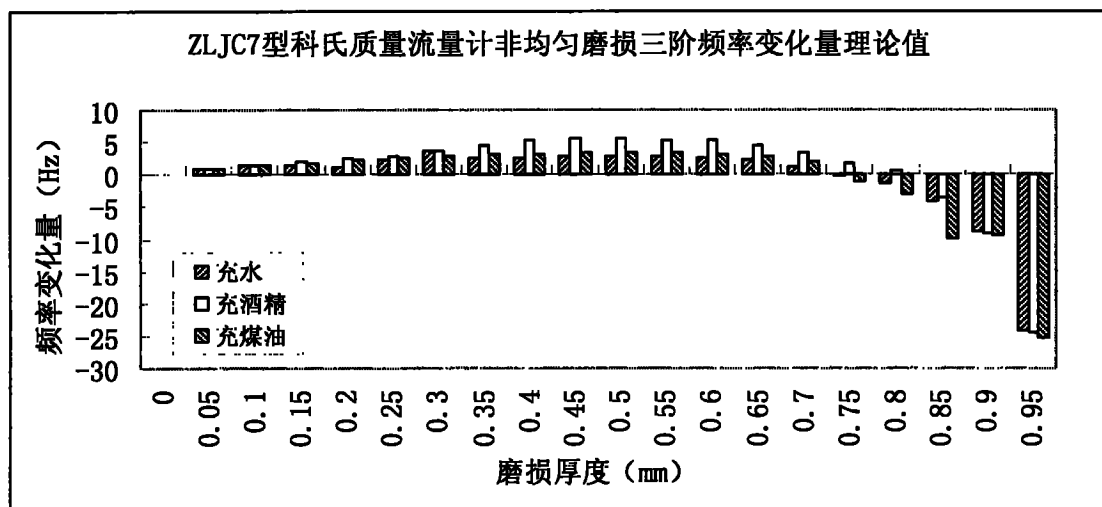


图 2

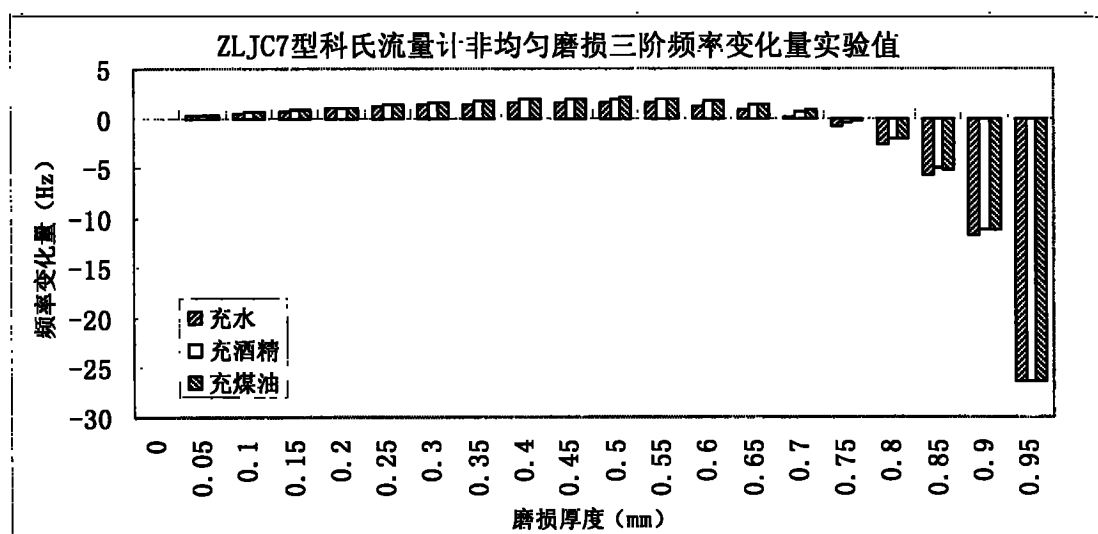


图 3

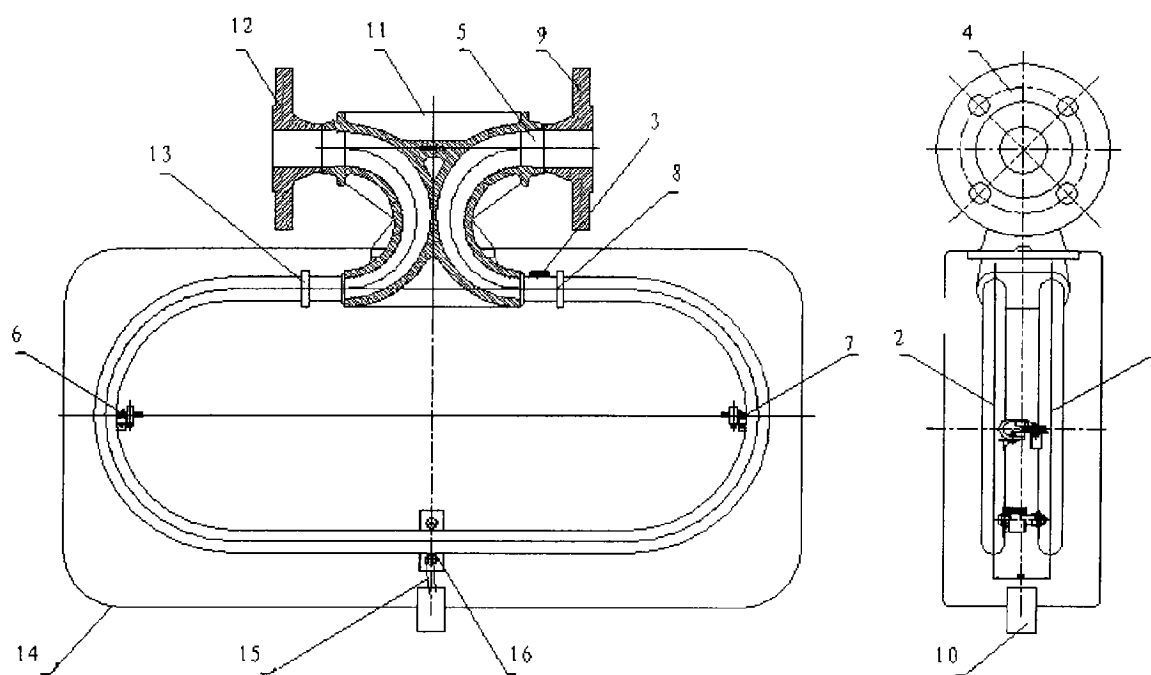


图 4