

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01N 19/00 (2006.01)

G01N 3/12 (2006.01)

G01N 3/00 (2006.01)



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200620100498.X

[45] 授权公告日 2007年5月16日

[11] 授权公告号 CN 2901296Y

[22] 申请日 2006.1.19

[21] 申请号 200620100498.X

[73] 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号

[72] 设计人 龚国芳 王 静 杨华勇

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司  
代理人 林怀禹

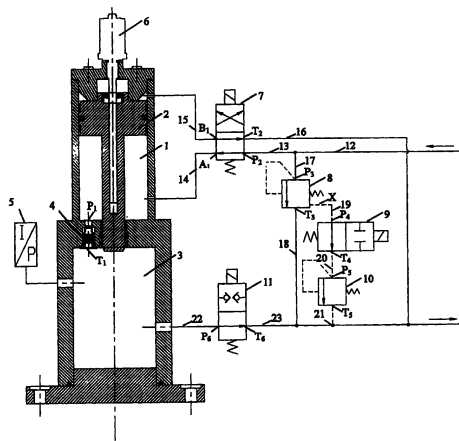
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

## [54] 实用新型名称

一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置

## [57] 摘要

本实用新型公开了一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置。加载缸中的活塞杆伸入到测试腔中能作轴向移动，单向阀的进油口与加载缸的有杆腔连通，出油口与测试腔连通，压力传感器与测试腔连通，内置式位移传感器置于活塞和活塞杆中，加载缸的无杆腔和有杆腔以及测试腔分别与液压系统连通。它通过加载缸对测试腔内一定体积的油液施加压力，改变压力的大小，得到相应的油液体积的变化量。加压过程中活塞和活塞杆的摩擦力与测量结果无关，解决了加载力难以准确计算的问题。被测油液经过循环，保证测量结果能代表系统中油液的实际情况。它能实时自动检测油液的弹性模量，其检测信号可用于控制去除油液中的空气含量提高液压系统油液的弹性模量。



1、一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置，其特征在于：包括加载缸(1)、活塞和活塞杆(2)、测试腔(3)、单向阀(4)、压力传感器(5)、内置式位移传感器(6)；加载缸(1)的活塞和活塞杆(2)中的活塞杆伸入到测试腔(3)中，并能够在测试腔(3)内作轴向移动，单向阀(4)的进油口  $P_1$  与加载缸(1)的有杆腔连通，单向阀(4)的出油口  $T_1$  与测试腔(3)连通，压力传感器(5)与测试腔(3)连通，内置式位移传感器(6)置于加载缸(1)的活塞和活塞杆(2)中，加载缸(1)的无杆腔和有杆腔以及测试腔(3)通过管路分别与液压系统连通。

2、根据权利要求1所述的一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置，其特征在于：所述的液压系统包括二位四通电磁换向阀(7)、先导式溢流阀(8)、二位二通电磁换向阀(9)、直动式溢流阀(10)、二位二通电磁球阀(11)；液压系统中的二位四通电磁换向阀(7)的第一出油口  $B_1$  与加载缸(1)的无杆腔连通，二位四通电磁换向阀(7)的第二出油口  $A_1$  与加载缸(1)的无杆腔连通；二位四通电磁换向阀(7)的回油口  $T_2$  接直动式溢流阀(10)的出油口  $T_5$ 、先导式溢流阀(8)的出油口  $T_3$  和二位二通电磁球阀(11)的出油口  $T_6$ ，二位四通电磁换向阀(7)的进油口  $P_2$  接先导式溢流阀(8)的进油口  $P_3$ ，先导式溢流阀(8)的出油口  $T_3$  接二位二通电磁球阀(11)的出油口  $T_6$  和直动式溢流阀(10)的出油口  $T_5$ ，先导式溢流阀(8)的控制口  $X$  接二位二通电磁换向阀(9)的进油口  $P_4$ ，二位二通电磁换向阀(9)的出油口  $T_4$  接直动式溢流阀(10)的进油口  $P_5$ ，二位二通电磁球阀(11)的进油口  $P_6$  接测试腔(3)的出油口。

## 一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置

### 技术领域

本实用新型涉及流体介质物理特性的检测装置，尤其涉及一种油液弹性模量检测装置。

### 背景技术

体积弹性模量是油液的一个重要的物理参数，它直接影响液压元件和液压系统的固有频率和阻尼比，从而影响稳定性和动态品质。在液压元件、液压传动系统、电液伺服系统的动态设计计算中，尤其是在液压系统的动态仿真计算中，合理准确地选取油液的体积弹性模量值非常重要。油液的有效体积弹性模量可分为油液的体积弹性模量与管道和附件的弹性模量两大部分，而以前者占主导地位，因此，对油液压缩性的研究是液压技术领域中的一个重要的课题。油液的体积弹性模量随油液的压力、温度、含气量及分子结构而变化。在实际应用中，往往根据纯油的弹性模量、管道变形、混气情况等，粗略地估计油液的体积弹性模量。实验表明，估计值与实测值往往有较大的出入。但是在目前的油液弹性模量测量中，可靠、实用的测量设备还仅仅局限于学术上的讨论，缺乏这类设备成了开展相关实际工作时的一大难点。实用的油液弹性模量检测装置在实际的工作中非常有用，通过将测得的油液弹性模量值输入分析模型，会使系统的仿真分析得到更好的计算精度；另一方面，它可以帮助液压系统的研发人员和用户评估和判断含气量对系统性能的影响。

利用油液的含气量与油液的体积弹性模量之间的对应关系，油液弹性模量检测装置也可以间接检测油液的含气量，其检测信号可直接操控油液除气系统。液压系统工作时，油液中的含气量会对系统性能产生很大的影响，然而气体在油液中可能是以气泡或溶解于油液的方式存在，很难察觉。只有经验丰富的液压工程师才能在系统性能下降时，从油液中的含气量上查找原因。油液中含有气体时，对系统性能的各种负面影响主要有：降低油液的体积弹性模量和刚性，使系统响应特性变差；由于油液可压缩性增大，在压缩油液的过程中消耗能量，并且使油液温度升高；产生气蚀，加剧元件材料表面的剥蚀与损坏，并且引起系统振动与噪声；空气中的氧促使油液氧化变质，油液润滑性能下降，酸值和沉淀物增加；油液中气泡破坏运动副之间的油膜，加剧元件的磨损。实用的油液弹性模量检测装置可以为控制去除油液中的空气含量、提高液压系统油液弹

性模量提供依据，实现液压系统油液含气量的精确控制。

油液弹性模量的检测，常采用直接测量和间接测量两种方式。直接测量就是根据油液弹性模量的定义公式：

$$K = V_0 \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

进行测量的，式中  $K$  是油液的弹性模量， $V_0$  是初始状态的油液体积， $\Delta V$  是油液体积的改变量， $\Delta P$  是与  $\Delta V$  对应的油液压力的改变量。综合分析国内外现有的研究成果可知，按油液弹性模量的定义进行测量时，主要存在以下问题：加压过程需要手动操作，很难实现自动化与在线测量；由于对相对滑动部件间的密封性能要求很高，加压过程中摩擦力的影响以及容器变形的影响，使得测量精度不容易得到保证；被测油液的自动更换不容易实现，很难保证测量结果可以代表液压系统中油液的实际情况。

目前国外常用间接测量方法，该方法利用油液弹性模量与压力波的传播速度和油液密度之间的关系，通过测量压力波的波速，计算得出油液的弹性模量值。应用间接测量的方法时，很难对压力波波速作精确测量，再通过两者之间的转换关系推算油液的弹性模量值，测量结果必然存在偏差。这种方法系统复杂、成本高、精度低。

## 发明内容

为了克服背景技术中所述的油液弹性模量检测过程中存在的问题，本实用新型提供一种基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置，可以使液压系统能够实时检测油液弹性模量，并具有较高的灵敏度和精度。

本实用新型解决其技术问题所采用的技术方案包括：

本实用新型包括：加载缸、活塞和活塞杆、测试腔、单向阀、压力传感器、内置式位移传感器；加载缸的活塞和活塞杆中的活塞杆伸入到测试腔中，并能够在测试腔内作轴向移动，单向阀的进油口  $P_1$  与加载缸的有杆腔连通，单向阀的出油口  $T_1$  与测试腔连通，压力传感器与测试腔连通，内置式位移传感器置于加载缸的活塞和活塞杆中，加载缸的无杆腔和有杆腔以及测试腔通过管路分别与液压系统连通。

所述的液压系统包括：二位四通电磁换向阀、先导式溢流阀、二位二通电磁换向阀、直动式溢流阀、二位二通电磁球阀；液压系统中的二位四通电磁换向阀的第一出油口  $B_1$  与加载缸 1 的无杆腔连通，二位四通电磁换向阀的第二出油口  $A_1$  与加载缸的有杆腔连通；二位四通电磁换向阀的回油口  $T_2$  接直动式溢流

阀的出油口  $T_5$ 、先导式溢流阀的出油口  $T_3$  和二位二通电磁球阀的出油口  $T_6$ ，二位四通电磁换向阀的进油口  $P_2$  接先导式溢流阀的进油口  $P_3$ ，先导式溢流阀的出油口  $T_3$  接二位二通电磁球阀的出油口  $T_6$  和直动式溢流阀的出油口  $T_5$ ，先导式溢流阀的控制口  $X$  接二位二通电磁换向阀的进油口  $P_4$ ，二位二通电磁换向阀的出油口  $T_4$  接直动式溢流阀的进油口  $P_5$ ，二位二通电磁球阀的进油口  $P_6$  接测试腔的出油口。

利用液压系统的一部分油液作为研究对象，将加载缸的活塞杆伸入到测试腔，并能够在测试腔内移动，测试腔为无缝钢管，壁厚 30mm，因此完全可以忽略管壁变形对油液弹性模量测量的影响。测试腔压力的大小由压力传感器直接测量，因此加压过程中活塞和活塞杆的摩擦力与测量结果无关。加压前，液压系统中的油液可以在测试腔内流动，因此测试腔的被测油液是经过循环的系统中的油液。单向阀的进油口  $P_1$  与加载缸的有杆腔连通，单向阀的出油口  $T_1$  与测试腔连通。压力传感器与测试腔连通。位移传感器内置于加载缸的活塞和活塞杆上。加载缸的无杆腔和有杆腔以及测试腔通过管路分别与液压系统连通。

本实用新型与背景技术相比，具有的有益的效果是：

1) 本实用新型直接根据弹性模量的定义进行测量，对一定体积的油液施加压力，改变压力的大小，得到相应的油液体积的变化量，按油液弹性模量的定义求得油液的弹性模量值，用二次系统直接显示或输出弹性模量信号。该装置能够在线实时自动检测液压系统油液的弹性模量值，从根本上避免了活塞和活塞杆的摩擦力对测量结果的影响，测量结果精确可靠，并可多次重复测量；

2) 该装置测试腔的被测油液是经过循环的系统中的油液，可保证测量结果能反映液压系统中油液的实际情况；

本实用新型能够实时自动检测液压系统油液的弹性模量值，其检测信号可直接用于控制去除油液中的空气含量提高其弹性模量，实现液压系统油液弹性模量的精确控制；该装置自动化程度高、检测效果好，适合于控制精度要求较高的液压系统应用场合。

## 附图说明

附图是基于体积弹性模量定义的油液弹性模量检测装置结构原理图。

图中：1. 加载缸，2. 活塞和活塞杆，3. 测试腔，4. 单向阀，5. 压力传感器，6. 内置式位移传感器，7. 二位四通电磁换向阀，8. 先导式溢流阀，9. 二位二通电磁换向阀，10. 直动式溢流阀，11. 二位二通电磁球阀，12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23 为管路。

## 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步说明。

如附图所示，本实用新型包括：加载缸 1、活塞和活塞杆 2、测试腔 3、单向阀 4、压力传感器 5、内置式位移传感器 6；加载缸 1 的活塞和活塞杆 2 中的活塞杆伸入到测试腔 3 中，并能够在测试腔 3 内作轴向移动，单向阀 4 的进油口  $P_1$  与加载缸 1 的有杆腔连通，单向阀 4 的出油口  $T_1$  与测试腔 3 连通，压力传感器 5 与测试腔 3 连通，内置式位移传感器 6 置于加载缸 1 的活塞和活塞杆 2 中，加载缸 1 的无杆腔和有杆腔以及测试腔 3 通过管路分别与液压系统连通。

所述的液压系统包括：二位四通电磁换向阀 7、先导式溢流阀 8、二位二通电磁换向阀 9、直动式溢流阀 10、二位二通电磁球阀 11；液压系统中的二位四通电磁换向阀 7 的第一出油口  $B_1$  通过管路 15 与加载缸 1 的无杆腔连通，二位四通电磁换向阀 7 的第二出油口  $A_1$  通过管路 14 与加载缸 1 的有杆腔连通；二位四通电磁换向阀 7 的回油口  $T_2$  接直动式溢流阀 10 的出油口  $T_5$ 、先导式溢流阀 8 的出油口  $T_3$  和二位二通电磁球阀 11 的出油口  $T_6$ ，二位四通电磁换向阀 7 的进油口  $P_2$  通过管路 13 和管路 17 接先导式溢流阀 8 的进油口  $P_3$ ，先导式溢流阀 8 的出油口  $T_3$  通过管路 18 接二位二通电磁球阀 11 的出油口  $T_6$  并通过管路 21 接直动式溢流阀 10 的出油口  $T_5$ ，先导式溢流阀 8 的控制口  $X$  通过管路 19 接二位二通电磁换向阀 9 的进油口  $P_4$ ，二位二通电磁换向阀 9 的出油口  $T_4$  通过管路 20 接直动式溢流阀 10 的进油口  $P_5$ ，二位二通电磁球阀 11 的进油口  $P_6$  通过管路 22 接测试腔 3 的出油口。

本实用新型的工作原理如下：

更换测试腔被测油液时，系统压力油经管路 12、13 流入二位四通电磁换向阀 7 的进油口  $P_2$ ，此时二位四通电磁换向阀 7 的电磁铁失电，二位四通电磁换向阀 7 的进油口  $P_2$  和出油口  $A_1$  连通，回油口  $T_2$  和出油口  $B_1$  连通，压力油经二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $A_1$  流出，通过管路 14 进入加载缸 1 的有杆腔，推动活塞和活塞杆 2 向上运动。活塞和活塞杆 2 向上运动时，加载缸 1 无杆腔的油液经管路 15 进入二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $B_1$ ，然后从二位四通电磁换向阀 7 的回油口  $T_2$  流出，最后经管路 16 流回油箱。同时，进入加载缸 1 有杆腔的部分油液进入单向阀 4 的进油口  $P_1$ ，从单向阀 4 的出油口  $T_1$  流入测试腔 3。此时二位二通电磁球阀 11 的电磁铁失电，二位二通电磁球阀 11 的进油口  $P_6$  和出油口  $T_6$  连通。测试腔 3 中的油液经管路 22 进入二位二通电磁球阀 11 的进油口  $P_6$ ，从二位二通电磁球阀 11 的出油口  $T_6$  流出，经管路 23 流回油箱。系统中

多余的流量通过管路 17 流入先导式溢流阀 8 的进油口  $P_3$ ，从先导式溢流阀 8 的出油口  $T_3$  流出，经管路 18 流回油箱，此时，二位二通电磁换向阀 9 的电磁铁失电，进入先导式溢流阀 8 进油口  $P_3$  的部分油液从控制口  $X$  流出，经管路 19 流入二位二通电磁换向阀 9 的进油口  $P_4$ ，从二位二通电磁换向阀 9 的出油口  $T_4$  流出，通过管路 20 进入直动式溢流阀 10 的进油口  $P_5$ ，从直动式溢流阀 10 的出油口  $T_5$  流出，通过管路 21 流回油箱。系统压力就是直动式溢流阀 10 设定的压力。

预压缩时，二位二通电磁球阀 11 的电磁铁得电，关闭二位二通电磁球阀 11。测试腔 3 压力升高，单向阀 4 关闭。二位四通电磁换向阀 7 得电，系统压力油经管路 12、13 流入二位四通电磁换向阀 7 的进油口  $P_2$ ，经二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $B_1$  流出，通过管路 15 进入加载缸 1 的无杆腔，推动活塞和活塞杆 2 向下运动。活塞和活塞杆 2 向下运动时，加载缸 1 有杆腔的油液经管路 14 进入二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $A_1$ ，然后从二位四通电磁换向阀 7 的回油口  $T_2$  流出，最后经管路 16 流回油箱。活塞和活塞杆 2 向下运动时，活塞杆进入测试腔 3 的体积增加，而测试腔 3 中的油液被压缩体积减小，压力增加。当活塞和活塞杆 2 两端受力平衡时，活塞和活塞杆 2 停止运动，记录此时压力传感器 5 的读数  $P_0$  和位移传感器 6 的读数  $X_0$ 。

进一步压缩时，二位二通电磁换向阀 9 的电磁铁得电，关闭二位二通电磁换向阀 9。系统中多余的流量通过管路 17 流入先导式溢流阀 8 的进油口  $P_3$ ，从先导式溢流阀 8 的出油口  $T_3$  流出，经管路 18 流回油箱。从而，系统压力就是先导式溢流阀 8 设定的压力。在较高的系统压力下，系统压力油经管路 12、13 流入二位四通电磁换向阀 7 的进油口  $P_2$ ，经二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $B_1$  流出，通过管路 15 进入加载缸 1 的无杆腔，进一步推动活塞和活塞杆 2 向下运动。活塞和活塞杆 2 向下运动时，加载缸 1 有杆腔的油液经管路 14 进入二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $A_1$ ，然后从二位四通电磁换向阀 7 的回油口  $T_2$  流出，最后经管路 16 流回油箱。活塞和活塞杆 2 向下运动时，活塞杆进入测试腔 3 的体积增加，而测试腔 3 中的油液被压缩体积减小，压力增加。当活塞和活塞杆 2 两端受力平衡时，活塞和活塞杆 2 停止运动，记录此时压力传感器 5 的读数  $P$  和位移传感器 6 的读数  $X$ 。根据公式：

$$K = V_0 \frac{\Delta p}{\Delta V} = V_0 \frac{P - P_0}{V_0 - V}$$

计算出此时油液的弹性模量，由二次仪表显示或输出弹性模量值。

结束压缩时，二位二通电磁换向阀 9 的电磁铁失电，打开二位二通电磁换

向阀 9。进入先导式溢流阀 8 进油口  $P_3$  的部分油液从控制口 X 流出，经管路 19 流入二位二通电磁换向阀 9 的进油口  $P_4$ ，从二位二通电磁换向阀 9 的出油口  $T_4$  流出，通过管路 20 进入直动式溢流阀 10 的进油口  $P_5$ ，从直动式溢流阀 10 的出油口  $T_5$  流出，通过管路 21 流回油箱。从而，系统压力就是直动式溢流阀 10 设定的压力。在较低的系统压力下，活塞和活塞杆 2 下端受力大于上端受力，推动活塞和活塞杆 2 向上运动。测试腔 3 中油液的体积增大，压力减小。然后，二位四通电磁换向阀 7 失电，系统压力油经管路 12、13 流入二位四通电磁换向阀的进油口  $P_2$ ，经二位四通电磁换向阀 7 的出油口  $A_1$  流出，通过管路 14 进入加载缸 1 的有杆腔，推动活塞和活塞杆 2 向上运动。当活塞和活塞杆 2 运动到最上端时，二位二通电磁球阀 11 的电磁铁失电，打开二位二通电磁球阀 11。测试腔 3 中的油液经管路 22 进入二位二通电磁球阀 11 的进油口  $P_6$ ，从二位二通电磁球阀 11 的出油口  $T_6$  流出，经管路 23 流回油箱。测试腔 3 压力降低，单向阀 4 打开。进入加载缸 1 有杆腔的油液进入单向阀 4 的进油口  $P_1$ ，从单向阀 4 的出油口  $T_1$  流入测试腔 3。测试腔 3 中的油液经管路 22 进入二位二通电磁球阀 11 的进油口  $P_6$ ，从二位二通电磁球阀 11 的出油口  $T_6$  流出，经管路 23 流回油箱。

此时又回到了更换测试腔被测油液时的状态，根据需要可重复上述步骤，多次测量油液的弹性模量值。



