

148-152

第24卷第2期
1998年4月湖南农业大学学报
Journal of Hunan Agricultural UniversityVol. 24 No. 2
Apr. 1998

13

应用气动量仪检测液压元件的密封性

刘冀民

(湖南农业大学工程技术学院,长沙,410128)

【摘要】 泄漏量是大多数液压元件出厂试验的必检项目,提出用气动测量的方法进行检验,并在理论上对其可行性进行了探讨,证明了能够利用气动量仪对液压元件的泄漏量进行定量检测。利用这种方法可消除液压元件在泄漏量检测过程中出现的堵塞现象,节约能源,提高工效。

【关键词】 气动量仪; 液压传动装置; 当量间隙 密封性

【中图分类号】 TH137.5

STUDIES ON CHECKING THE HERMETIC PROPERTY OF HYDRAULIC COMPONENTS BY PNEUMATIC MEASURING INSTRUMENTS

Liu Jimin

(College of Engineering & Technology, HNAU, Changsha, 410128)

ABSTRACT Leakage flow rate is the item bound to be measured for the great majority of hydraulic components as final products. In this article, a leakage checking method by means of pneumatic measuring is proposed and its feasibility in theory discussed. By means of this method, the leakage flow rate of hydraulic components can be measured quantitatively, the stoppage problem in the processes for checking the leakage flow rate of hydraulic components can be get rid of. It saves the energy and improves checking efficiency.

KEY WORDS pneumatic measuring instrument; hydraulically driving arrangements; equivalent clearance

液压元件出厂试验标准中,90%以上的元件的泄漏量检测都为必检项目,按规定用液体作为工作介质检测间隙密封的泄漏量时,会出现液体流经缝隙的堵塞现象。通过试验说明:使用矿物油液作为工作介质时,虽然按标准经过精细的过滤,当间隙通流面积小到一定程度时,其泄漏量是不稳定的,它随时间增加而不断减少。堵塞现象还随间隙两边的压力差增加而加重;随油液种类不同而不同;随油温升高而加重。对堵塞现象的形成的原因:一种观点是苏联学者

本研究系湖南省科委资助项目。作者刘冀民,男,53岁,副教授。

收稿日期:1997-12-24

T. M. B 提出的极化分子形成堵塞的观点;另一种观点认为是油中的微小脏物形成的^[1,2]。这种堵塞现象造成了大批量元件出厂试验时,每批元件检测的全过程中前后测试误差大,检测时间长,同时由于大多数厂家用定量泵系统实验台在额定压力下测试,造成能源损耗量大。应用洁净的压缩空气作为介质,用流量式(浮标式)气动量仪作为指示仪表,进行泄漏量的测定及密封性的检测,其优点是:在测试过程中可消除油液介质在间隙中流动产生的堵塞现象,提高测试的精度;示值直观、快捷,可节省能源,减轻工人劳动强度。

采用流量式气动仪指示出的是以洁净空气作为工作介质的泄漏量。作为液压传动中绝大多数使用的是各种油液介质,指示转换的问题可以通过两种途径解决:一种是对比定标法^[3];另一种是利用工程流体力学的量纲理论,寻求以气体或以液体作为工作介质通过同一间隙泄漏量的相似律(相似条件)^[4],此种方法将另文论述。本文只论述以空气作为介质以流量式气动量仪作指示仪表检测液压元件泄漏量的原理。

1 流量式气动量仪检测间隙泄漏量的原理

1.1 流量式气动量仪的工作原理

气动测量在机械加工中已普遍采用,它是根据流体静力学和流体动力学的原理,用压缩空气作为介质,对长度进行测量的一种方法,利用这种原理制成的仪器称之为气动量仪。气动量仪的传感器部分(即测头或测量装置)为喷嘴挡板系统,喷嘴和挡板之间的间隙称之为测量间隙。这种测量间隙的微小改变会引起气动量仪内流量、压力或流速的变化,利用各种形式的压力计或流量计将这种变化显示出来,就达到了测量目的。流量式气动仪的基本原理如图 1。

这实际上是一个浮标式流量计,压力恒定的压缩空气 P_w 经节流孔流入流量计的锥形玻璃管,气流将浮标托起至一高度后,沿浮标周围环形缝隙流向喷嘴,然后从测量间隙

S 中逸入大气。如果间隙有所改变,通过流量计的流量就会变化,浮标高度就改变。这种量仪的特点是在测量过程中,无论测量间隙多大(在规定的范围内),工作压力保持不变,流量是主要变量。因此称为流量式气动量仪,也可称为浮标式气动量仪。

1.2 利用流量式气动量仪检测间隙泄漏量的原理

如果将流量式气动量仪的喷嘴挡板系统换成液压元件中的密封间隙,即去掉气动量仪的测头或测量装置,通过浮标周围的环形缝隙气流直接向密封间隙喷气,气体就会通过间隙逸入大气。由于液压元件密封的间隙很小,因此它可以保持通过气动量仪的空气压力恒定,那么随着间隙不同,通过间隙的流量(即泄漏量)不同,浮标指示的高度也不同。

下面推导浮标移动距离 L_1 与密封间隙 S 之间的关系式,先用传感器部分为喷嘴—挡板系

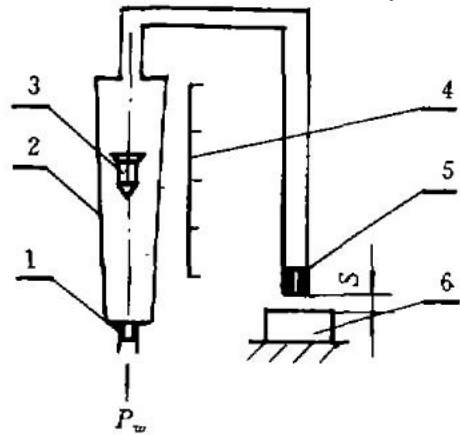


图1 流量式气动量仪基本原理图

Fig. 1 The basic principle diagram of flowrate-type pneumatic measuring instrument

1. 节流孔; 2. 锥形玻璃管; 3. 浮标; 4. 刻度; 5. 喷嘴; 6. 被测工件。

统推导,然后用液压元件中各种类型的密封间隙形式替代即可(图2)。

流量是浮标式气动量仪的主要变量,设流量为 q_m ,则 q_m 为间隙 S 的函数,即 $q_m = f(S)$ 。浮标的移动距离 L_1 是流量的量度,下面推导 L_1 与 S 的函数关系:

I-I 截面为浮标的原始位置,在此位置时锥形玻璃管的内孔孔径等于浮标的直径,即

$$L_0 = l \cdot d/d_2.$$

I-I 截面为浮标上升后的位置,根据流量连续性原理:通过 I-I 截面环形缝隙空气流量与从测量间隙 S 中流出的空气流量应相等,即:

$$C_1 \rho_w A_1 v_1 = C_2 \rho_2 A_2 v_2 \quad (1)$$

式中: ρ_w 为恒定工作压力 P_w 下的空气密度; ρ_2 为测量喷嘴出口处的空气密度; A_1 为 I-I 截面的环形面积; A_2 为测量喷嘴的排气面积; v_1 为 I-I 截面的空气平均流速; v_2 为测量喷嘴出口处的空气平均流速; C_1 为 I-I 截面的流量系数; C_2 为测量喷嘴出口处的流量系数。

在 I-I 截面处,作用于浮标的力平衡方程式为:

$$V_F(\gamma_F - \gamma_K) = C_y A_F \rho_w v_1^2 / 2 \quad (2)$$

式中: V_F 为浮标的体积; $\gamma_F = \rho_F g$, $\gamma_K = \rho_w g$, ρ_F 为浮标的密度; g 为重力加速度; C_y 为压缩空气作用于浮标上的正面压力系数; A_F 为浮标投影在垂直于运动方向的平面上的面积。

$$A_F = \pi d^2 / 4$$

由于空气浮力 $V_F \gamma_K$ 远远小于浮标的质量 $V_F \gamma_F$,因此忽略 $V_F \gamma_K$,则浮标的质量 m 为:

$$m = V_F \gamma_F = C_y \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho_w v_1^2}{2} \quad (3)$$

由(1),(3)两式得出:

$$\frac{C_2 \rho_2 A_2 v_2}{C_1 \rho_w A_1} = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{2m}{\pi C_y \rho_w}} \quad (4)$$

因为 $A_1 = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d^2)$

由 $\triangle abc$ 与 $\triangle a_1 b_1 c$ 相似得:

$$d_1 = \frac{(L + L_0)}{l} d_2$$

所以 $A_1 = \frac{\pi}{4} \left[\frac{(L + L_0)^2}{l^2} d_2^2 - d^2 \right] \quad (5)$

$$A_2 = \pi d_0 \cdot S \quad (6)$$

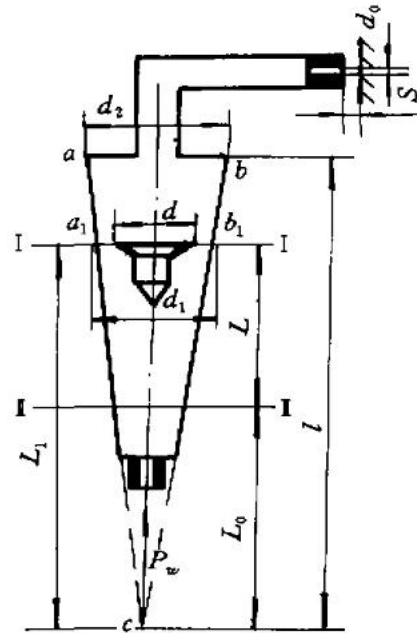


图2 流量式气动量仪简化原理图

Fig. 2 The simplified principle diagram of flowrate-type pneumatic measuring instrument

将(5),(6)代入(4)中得:

$$(L + L_0)^2 = \frac{2C_2\rho_2v_2l^2dd_0S}{C_1\rho_w d_2^2 \sqrt{\frac{2m}{\pi C_y \rho_w}}} + L_0^2 \quad (7)$$

将(7)式简化为:

$$L_1^2 = aS + L_0^2 \quad (8)$$

式中:

$$a = \frac{2C_2\rho_2v_2l^2dd_0}{C_1\rho_w d_2^2 \sqrt{\frac{2m}{\pi C_y \rho_w}}}$$

$L_1 = (L + L_0)$; 它表示了浮标以 C 点为基准的移动量。

式(8)即 L_1 与 S 的关系式,其放大倍数:

$$K = \frac{dL_1}{dS} = \frac{a}{2\sqrt{aS + L_0^2}}$$

1.3 密封间隙与浮标移动距离的关系

液压元件的密封间隙大多数情况有以下 4 种情况,求出这 4 种情况下的间隙(或当量间隙或阀的当量位移量)形成的通流面积取代公式(6)中的 A_2 即可求出每种情况下如公式(8)的浮标移动量 L_1 与其密封间隙之间的关系式。

(1) 同心圆环间隙(图 3-1)。一个同心圆环间隙:

$$A_2 = \frac{\pi}{4}(d_H^2 - d_m^2) = \frac{\pi}{2}(d_H + d_m) \cdot \delta$$

式中: δ 为同心圆环径向间隙

如 n 个同心圆环间隙并联,则

$$A_2 = n \cdot \frac{\pi}{2} \cdot (d_H + d_m) \cdot \delta$$

$$L_1^2 = a\delta + L_0^2$$

$$\text{其中, } a = \frac{C_2\rho_2v_2l^2dn(d_H + d_m)}{C_1\rho_w d_2^2 \sqrt{\frac{2m}{\pi C_y \rho_w}}}$$

令:

$$b = \frac{C_2\rho_2v_2l^2d}{C_1\rho_w d_2^2 \sqrt{\frac{2m}{\pi C_y \rho_w}}}$$

$$\text{则: } a = b \cdot n(d_H + d_m)$$

如果是偏心圆环间隙,引入当量间隙 δ' 的概念。所谓当量间隙是指偏心圆环在同等测试条件下通过其间隙的泄漏量等于间隙为当量间隙的同心圆环的泄漏量,则

$$L_1^2 = 2a\delta' + L_0^2$$

(2) 平行平板间隙(图 3-2):

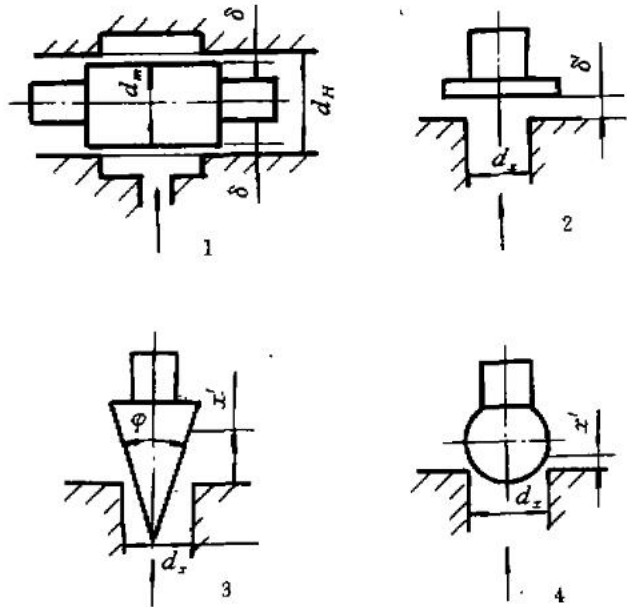


图 3 密封间隙的型式

Fig. 3 Type of sealing clearance

$$A_2 = \pi d_x \delta'$$

$$L_1^2 = a \delta' + L_0^2$$

$$a = 2bd_x$$

式中: δ' 为当量间隙. 由于加工的平直度及加工痕迹等原因, 在平行平板密封时形成的泄漏量应等于理想平行平板在间隙为当量间隙时的泄漏量.

(3) 针阀密封间隙(图 3-3):

$$A_2 = \pi d_x x' \sin(\varphi/2) \left(1 - \frac{x'}{2d_x} \sin\varphi\right)$$

因为 $x' \ll d_x$, 所以 $A_2 \approx \pi d_x x' \sin(\varphi/2)$.

$$L_1^2 = ax' + L_0^2$$

$$a = 2bd_x \sin(\varphi/2)$$

式中: x' 为锥阀的当量位移量. 由于锥阀和阀座在加工中的加工痕迹及装配时的不同轴, 引起锥阀在密封时形成泄漏. 在这种情况下下的泄漏量应等于理想情况下锥阀移动 x' 时形成的间隙泄漏量.

(4) 球阀密封间隙(图 3-4):

$$A_2 = 0.75\pi d_x \cdot x'$$

$$L_1^2 = ax' + L_0^2$$

$$a = 1.5bd_x$$

式中: x' 为球阀当量位移量, 其意义同锥阀.

由此看出液压元件的动密封的密封间隙(当量间隙或阀的当量位移量)不同, 其浮标的移动量也不同, 那么流量式气动量仪指示出用空气作为介质的泄漏量也是不同的, 其放大倍数有所差别. 但对于泄漏量的测量已足够精确了. 实验证明这种方法适用于绝大多数液压元件的间隙密封的检测, 适用于流量式气动量仪的检测范围, 只是在转轴密封中使用机械间隙回流密封时要另作研讨.

参 考 文 献

- 1 李培滋. 滑阀力特性的测定与探讨. 见: 中国机械工程学会机械传动专业学会编. 中国机械工程协会第一届全国机械传动年会论文选集(第三分册): 液压与液力传动. 北京: 机械工业出版社, 1966. 22
- 2 史维祥, 陶 钟. 液压随动系统. 上海: 上海科学技术出版社, 1965. 46 ~ 49
- 3 刘冀民. 气动测量在液压控制阀制造调试和出厂试验中的应用. 湖南农学院学报, 1993, 19(5): 508
- 4 潘文全. 工程流体力学. 北京: 清华大学出版社, 1988. 290
- 5 李学敏. 气动量仪. 北京: 中国计量出版社, 1988. 77. 80 ~ 81