

# 应用气动量仪检测液压溢流阀泄漏量的研究\*

刘冀民 刘启定 黄书仪 胡泽友

(湖南农业大学)

**摘 要** 该文提出一种检测溢流阀内泄漏量的新方法。提出应用气动量仪检测溢流阀液体泄漏量的理论依据。通过试验证实这种检测方法对于改进溢流阀的结构设计及制造工艺是一种准确、清晰的研究方法,对于溢流阀出厂试验时内泄漏量指标的在线测量是一种高效、省力、能耗低的方法。

**关键词** 溢流阀 气动量仪 泄漏量 检测

溢流阀内泄漏量大小对其启闭特性和动态特性都有影响,随着内泄漏量增大其特性变差<sup>[1]</sup>。泄漏量的大小和阀的结构型式、阀口密封型式、加工工艺、装配工艺、工作介质及试验条件等因素有关。因此,泄漏量的大小是综合衡量阀设计制造水平的重要指标。按照溢流阀的型式试验和出厂试验标准检测泄漏量时采用静态检测办法,液压油在压差作用下通过密封间隙会产生不同程度的“堵塞”现象<sup>[2]</sup>,因而检测过程中出现较大的误差。有哪些因素影响它的泄漏量,难以清晰地研究出来。应用流量式(浮标式)气动量仪来检测溢流阀的泄漏量,消除了“堵塞”现象。因为气动量仪是瞬态检测,因而快捷、省力、精确、能耗低。

## 1 检测原理

流量式气动量仪是利用测量间隙的微小改变引起气动量仪内流量的变化,这种流量的变化利用浮标的悬浮位置表示,即浮标的位置就表示了测量间隙的大小。如果去掉气动量仪的测头,直接向密封间隙喷气,那么随着间隙的变化,通过间隙的气流量(泄漏量)也变化,浮标悬浮的位置也就不同。试验用 Y1-10B 作为试件,其先导阀和主阀的密封型式均为锥阀与锥阀座的贴合密封。如图 1,浮标移动的距离  $L_1$  与锥阀的当量位移  $x$  的关系式<sup>[3]</sup>

$$L_1^2 = ax^2 + L_0^2 \quad (1)$$

其中: 
$$a = \frac{2C_2 \rho_2 v l^2 d_1 \sin(\varphi/2)}{C_1 \rho_w d_2^2 \sqrt{\frac{2w}{\pi C_y \rho_w}}}$$

$$L_0 = l \frac{d_1}{d_2} \quad (d < d_2)$$

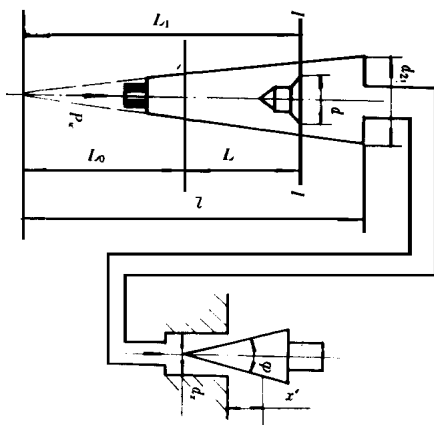


图 1 应用气动量仪的简化检测原理图

Fig 1 The simplified principle diagram of checking by pneumatic measuring instrument

收稿日期: 1998-09-07

\* 湖南省科委资助项目

刘冀民, 副教授, 长沙市东郊 湖南农业大学工程技术学院, 410128

式中  $C_1$ —— $I-I$  截面的流量系数;  $C_2$ ——间隙出口处的流量系数;  $\rho_2$ ——间隙出口处的空气密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $\rho_w$ ——恒定工作压力  $P_w$  作用下的空气密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $v_2$ ——间隙出口处的空气平均流速,  $\text{m/s}$ ;  $w$ ——浮标的质量,  $\text{kg}$ ;  $C_y$ ——压缩空气作用于浮标上的正面压力系数;  $x'$ ——锥阀的当量位移量,  $\text{m}$ 。

由于锥阀和锥阀座在加工中的加工痕迹、形状误差以及装配时的不同轴度等因素引起锥阀与锥阀座贴合密封时形成泄漏, 在这种情况下的泄漏量应等于理想情况下锥阀移动  $x'$  时形成密封间隙  $\delta'$  的间隙泄漏量。  $\delta' = x' \sin(\varphi/2)$ 。

公式(1)表明了流量式气动量仪浮标的移动可表示出锥阀当量位移量的变化, 即表示出密封间隙的变化情况。在流量式气动量仪设计中, 为保持浮标的移动量和间隙变化量的线性关系, 将其玻璃管锥孔壁母线设计成抛物线。因此浮标位置与密封间隙变化量呈线性关系。

使用气动量仪的读数来表示出流经密封间隙的液体泄漏量的大小则要经过换算:

根据液体在压差作用下流经锥阀间隙的液流公式

$$q_i = k_i \cdot x_i'$$

式中  $k_i = C_d \pi d_x \sin(\varphi/2) \sqrt{\Delta P \cdot \frac{2}{\rho}}$ 。其中  $C_d$ ——阀口的流量系数, 可近似认为是常数<sup>[4]</sup>;  $\Delta P$ ——流经阀口的液体压力差,  $\text{Pa}$ ;  $\rho$ ——液体密度,  $\text{kg/m}^3$ 。

如任意取两个试件 1、2。用气动量仪检测时, 浮标相对于零间隙时浮标位置的上升量为  $h_1, h_2$ , 则

$$\begin{aligned} q_1 &= k_1 x_1' & q_2 &= k_2 x_2' \\ k_1 &= k_2 & q_2 &= q_1 \frac{x_2'}{x_1'} = q_1 \frac{\delta_2'}{\delta_1'} = q_1 \frac{h_2}{h_1} \end{aligned} \tag{2}$$

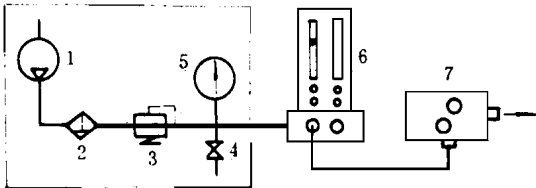
如果已知  $q_1$ , 则可根据气动量仪的读数换算出  $q_2$ 。为减少液压检测中的“堵塞现象”, 使换算数据精确些, 一般  $q_1$  应取泄漏量较大值为宜。

2 试验研究

试验原理如图 2 所示。

气动量仪的标定可按所选气动量仪的型号按其说明书所述方法标定, 但要注意量仪的测量范围覆盖被测件的间隙变化范围。因为用公式(2)换算时只要求已知被检测件的浮标相对变化量, 所以也可选择液体泄漏量为零的试件来调整气动量仪的零位, 选择最大泄漏量的试件来调整气动量仪的倍率。但应注意按使用说明将浮标调在线性度较好的指示范围内。下面列出的各表中的试件为 Y1-10B; 气动量仪检测的试验条件为试验压力 0.3 MPa, 温度 30℃, 介质为洁净空气, 液压检测的试验条件为试验压力 6.3 MPa, 温度  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 油液粘度 20cst; 换算内泄漏量是根据公式(2)计算得出; 实测内泄漏量是根据 JB 2135-77 出厂试验标准测出。

2.1 先导阀和主阀的检测数据和换算数据(表 1)



HP2型空气压缩机

1. 气泵 2. 分水滤气器 3. 减压阀 4. 截止阀 5. 压力表  
6. QFP-2 流量式气动量仪 7. 溢流阀试件连接板

图 2 应用气动量仪检测溢流阀内泄漏量的试验原理图

Fig. 2 The experiment principle diagram of checking the leakage flow rate of relief valve by pneumatic measuring instrument

2 2 溢流阀(先导阀+ 主阀)的检测数据及换算数据(表 2)

从表 1、表 2 可看出, 实测内泄漏量普遍比换算内泄漏量小一点, 这是由于液体流经密封间隙有不同程度的“堵塞”现象, 而气体介质却没有这种现象。实测内泄漏量和换算内泄漏量误差一般在 10 % 左右; 对于先导式溢流阀的内泄漏量基本等于先导阀和主阀的内泄漏量之和, 而从气动量仪的检测情况来看, 其浮标上升量也基本为先导阀和主阀浮标上升量之和。

表 1 先导阀和主阀内泄漏量的检测数据

Tab 1 Test data of the internal leakage flow rate of pilot valve and main valve

试 件	先 导 阀						主 阀					
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
实测内泄漏量 /ml·min <sup>-1</sup>	0	5.0	10.0	22.0	48.0	60.0 (已知)	0	3.5	14.0	53.0	64.0	74.0 (已知)
浮标位置 /格	- 17.0	- 16.7	- 16.5	- 15.9	- 15.0	- 14.3	- 17.0	- 15.8	- 10.5	5.1	9.8	13.0
换算内泄漏量 /ml·min <sup>-1</sup>	0	6.6	11.1	24.4	44.4	60.0	0	3.0	16.0	54.5	66.1	74.0

表 2 溢流阀内泄漏量的检测数据

Tab 2 Test data of the internal leakage flow rate of relief valve

试件	A 1- B 1	A 2- B 2	A 3- B 2	A 3- B 3	A 2- B 4	A 2- B 6
实测内泄漏量 /ml·min <sup>-1</sup>	0	6.0	12.0	22.0	55.0	75.0 (已知)
浮标位置 /格	- 16.8	- 14.1	- 11.5	- 7.3	5.9	13.8
换算内泄漏量 /ml·min <sup>-1</sup>	0.5	6.6	13.0	23.2	55.6	75.0

2 3 主阀芯的装配位置对内泄漏量影响的检测

在先导式溢流阀的实际生产中主阀的内泄漏量是主要的<sup>[1]</sup>。将主阀芯贴合在阀座上, 每转动主阀芯 90° 算一个装配位置, 共对 C、D、E、F 四个装配位置进行了检测, 检测数据如表 3。

从表 3 可以看出用气动量仪检测主阀装配位置对其内泄漏量有影响, 但是数据变化不大。这种检测结果说明, Y1-10B 的主阀制造水平较好, 即主阀芯及阀座的形状误差较好, 平衡弹簧对中的安装结构合理, 阀芯的三级同轴的同轴度加工精度高等。这种瞬态的精确清晰地检测是液压检测难以做到的。

表 3 主阀芯装配位置对内泄漏量的影响

Tab. 3 Influence of the assembly place of main valve core on the internal leakage flow rate

试 件		$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
浮标 位置 (格)	C 位	- 15.8	- 10.5	5.1	9.8	13.0
	D 位	- 15.8	- 10.4	5.1	10.0	10.0
	E 位	- 15.5	- 10.5	5.0	10.1	10.5
	F 位	- 15.7	- 10.2	4.8	9.8	13.0

2 4 作用于主阀芯上的压紧力对内泄漏量影响的检测

不同的先导式溢流阀的结构, 在按液压标准检测内泄漏量时, 主阀芯作用于主阀座的压紧力是不同的。一般是靠平衡弹簧的预压缩量产生的弹簧力来压紧。但对于 Y1-10B 型溢流阀, 为保证其静态性能则设计有一定的液压压紧比。经计算在进口压力为 6.3 MPa 时, 压紧力为 27.36 N。因此气动量仪检测和按液压标准检测时作用于主阀芯上的压紧力是不相同的。其试验数据如表 4。

表 4 作用于主阀芯压紧力对内泄漏量的影响

Tab 4 Influence of the compression force acting on the main valve core on the leakage flow rate							
试 件		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
浮标位置 (格)	使用原平衡弹簧压紧	- 17.0	- 15.8	- 10.5	5.1	9.8	13.0
	使用 27.36 N 弹簧压紧	- 17.0	- 16.0	- 12.3	0.6	4.9	7.1
换算内泄 漏量/ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$	使用原平衡弹簧压紧	0	3.0	16.0	54.5	66.1	74.0
	使用 27.36 N 弹簧压紧	0	3.1	14.4	54.0	67.2	74.0

表 4 可看出压紧力大的其浮标上升量与压紧力小的浮标上升量不相同,但其换算内泄漏量误差却很小,这是由于换算时的基准相同,公式(2)中的上升量是一个相对量,所以使用气动量仪检测不影响换算内泄漏量;表中由于压紧力不同,浮标上升量不同,说明实际的内泄漏量也不相同。对于 Y1- 10B 型的溢流阀它是由锥阀心和锥阀座贴合进行密封,从泄漏形式上主要存在有缝隙泄漏和多孔隙泄漏,前者与配合件的形状误差、结构设计的同轴度和压紧力对中结构等因素有关,后者与配合件的配合面的加工粗糙度有关。而加大压紧力可减小多孔隙泄漏量,对形成缝隙泄漏的部分因素也有一定的校正作用。因而压紧力大,浮标上升量小,实际内泄漏量也小。如制造工艺水平高的阀,采用气动量仪检测时随着压紧力改变则浮标的变化量小。

3 结 论

- 1) 用气动量仪检测溢流阀的内泄漏量是瞬态检测,因此是溢流阀型式试验和质量抽检中的一种有效的、快捷的方法。由于微小的内泄漏量变化就能通过浮标准确、清晰地指示出来,对于改进结构设计及制造工艺是一种新的研究方法。
- 2) 用气动量仪检测溢流阀的内泄漏量适用于大批量溢流阀出厂试验时内泄漏量指标的在线检测。它检测快捷、准确、省力、能耗低。如按溢流阀的内泄漏量出厂技术指标要求确定其浮标最大上升量,设计简单光电线路,当浮标超过最高限时,则挡住光线即发出信号检出不合格产品,使内泄漏量检测自动化。

参 考 文 献

1 刘冀民 泄漏量对溢流阀静、动态特性影响的试验研究 机床与液压, 1998(4): 67~ 70

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 应用气动量仪检测液压元件的密封性 湖南农业大学学报, 1998, 24(2): 148~ 152

4 章宏甲 液压传动 北京: 机械工业出版社, 1992 36~ 37

Checking the Leakage Flowrate of Hydraulic Relief Valve by Pneumatic Measuring Instruments

Liu Jinlin Liu Qiding Huang Shuyi Hu Zeyou  
(Hunan Agricultural University, Changsha)

**Abstract** A new method of checking the internal leakage flow rate of relief valve was proposed. The theoretical basis of checking the internal leakage flow rate of relief valve by pneumatic measuring instrument was put forward. The experiment results showed that this checking method is accurate and distinct to improve the structure design and the manufacture technology of relief valve. It is of efficiency, low energy consumption and labor saving for the line checking of the internal leakage flow rate of relief valve as final products.

**Key words** relief valve, pneumatic measuring instrument, leakage flow rate, checking