

1 主题内容与适用范围

本标准规定了气动元件流量特性的测定——串接声速排气法。

本标准适用于以压缩空气为工作介质并在试验期间其内部流道保持不变的气动元件。例如方向控制阀、流量控制阀、快速排气阀和气动逻辑元件等。

本标准不适用于与压缩空气进行能量交换的元件。例如气缸等。

2 引用标准

GB 786 液压及气动图形符号

GB 2270 不锈钢无缝钢管

GB 2346 液压气动系统及元件——公称压力系列

GB 2351 液压气动系统及元件——软管公称内径系列

GB 2878 液压气动系统和元件——油(气)口连接螺纹尺寸

3 术语

3.1 总压 stagnation pressure(p_s)

当气流速度被等熵滞止为零时的压力。

3.2 总温 stagnation temperature(T_s)

当气流速度被绝热滞止为零时的温度。

3.3 壅塞流动 choke flow

当元件上游总压比下游静压高到使元件内某处的流速等于该处声速时,流过元件的质量流量与上游总压成正比,而与下游静压无关的流动。

3.4 临界压力比 critical pressure ratio(b)

根据在亚声速流动下元件的流量特性曲线是四分之一椭圆的假设,由实测数据推算出的流动变成壅塞流动时,元件下游静压与上游总压之比。

3.5 声速流导 sonic conductance(C)

元件内处于壅塞流动时,通过元件的质量流量除以上游总压与标准状态下的密度的乘积,即

$$C = q_m^* / p_0 \rho_0^* \quad (\text{当 } T_{s1}^* = T_0 = 293.15\text{K}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.6 壅塞流动下的有效面积 effective area under choke flow(S)

元件内处于壅塞流动时,通过元件的质量流量乘以上游总温的平方,再除以 0.040 4 倍的上游总压,即

GB/T 14513—93

$$S = \frac{q_m^* \sqrt{T_{s1}^*}}{0.040 \, 4 p_{s1}^*} \dots\dots\dots (2)$$

4 符号、代号

4.1 本标准中所用符号和单位参见表 1。

表 1 符号和单位

名 称	符号	单位
绝对总压力(等于总压表压力加大气压力)	p_s	MPa
绝对总温度	T_s	K
绝对静压力(等于表压力加大气压力)	p	MPa
质量流量	q_m	kg/s
临界压力比	b	
绝对静温度	T	K
气体密度	ρ	kg/m ³
声速流导	C	m ³ /s · MPa
壅塞流动下的有效面积	S	mm ²
连接管的内径	d	mm
连接管的长度	L	mm
排气时间	t	s
气容容积	V	dm ³
连接管的几何面积	A	mm ²
连接管的修正系数	α	

4.2 本标准中所用上标和下标参照表 2。

表 2 上标和下标

上标	下标	含 义
	0	标准状态
	1	上游状态或元件 1
	2	下游状态或元件 2
	10	气容内的初始状态
	12	元件 1 在先、元件 2 在后的串联回路
	21	元件 2 在先、元件 1 在后的串联回路
	s	滞止状态
	∞	排气完毕,停放一段时间,待气容内热力参数稳定时的状态
	a	大气状态
		壅塞状态

5 试验装置

5.1 试验回路原理图

试验回路原理图如图 1 所示。

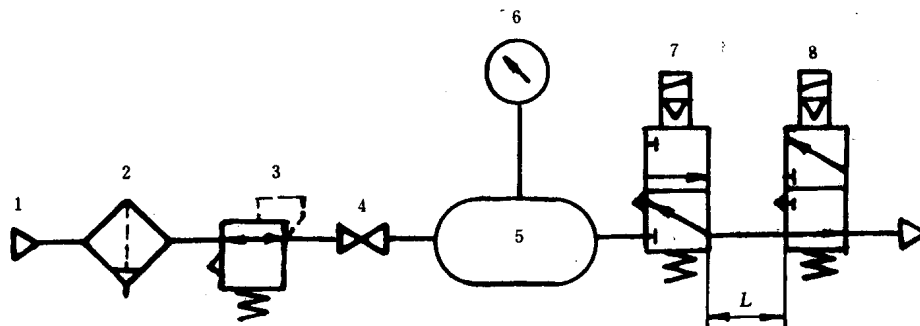


图 1 电控气阀流量特性试验回路原理图

1—气源；2—空气过滤器；3—减压阀；4—截止阀；5—气容；
6—标准压力表；7—被测元件 1；8—被测元件 2

5.2 被测元件的连接管

5.2.1 连接管内径应等于或大于表 3 的规定。

表 3 连接管的内径

mm

连接螺纹	M5×0.8	M10×1	M14×1.5	M16×1.5	M22×1.5	M27×2	M33×2	M42×2	M48×2	M60×2
d	2	6	9	13	16	22	28	36	43	54

5.2.2 连接管的长度 L 应是内径 d 的 6 倍。

5.2.3 连接管应平直，具有光滑的圆形内表面，在全长内直径不变。

5.2.4 采用软管连接时，不得使用使软管流通面积缩小 4% 以上的管接头。

5.2.5 当被测元件具有不同尺寸的气口时，应使用合适的连接管。

5.3 气容

5.3.1 根据对被测元件预估的 S 值和排气时间 t ，按下列公式选用气容的容积：

当 $p_{10} = 0.63 \text{ MPa}$ 时， $V = 0.42 St$ ；

当 $p_{10} = 0.80 \text{ MPa}$ 时， $V = 0.28 St$ (3)

5.3.2 气容应通入 0.80 MPa 的试验压力进行气密试验，保压 5 min，压力降不得大于 0.002 MPa。

5.4 空气过滤器

空气过滤器的过滤精度应符合被测元件的要求。

5.5 测试仪表

标定时所确定的测试仪表的允许系统误差按表 4 的规定。

表 4 测试仪表的允许系统误差

仪表类别	压力，%	时间，%	温度，K
允许系统误差	±1.0	±0.1	±0.2

6 试验程序

6.1 试验条件

6.1.1 气源质量应符合被测元件的使用要求。

6.1.2 电源电压为气动元件的额定电压。精密仪器仪表用电源按使用说明书规定。

6.2 试验程序

6.2.1 选择两个同型号的被测元件,或选择一个被测元件和另一个与被测元件 S 值相近的不同型号的元件,一个作为元件 1,另一个作为元件 2。

6.2.2 根据被测元件 1 的通径估计 S 值按 5.3.1 选择气容的容积。

6.2.3 将被测元件 1 安装在容积为 V 的气容上。让气容内通入高于 0.63 MPa 压力的空气后,关闭图 1 中的截止阀,待气容内压力稳定在 0.63 MPa 后,记录压力值 p_{10} 。然后迅速开启被测元件,使气容中的空气通过被测元件向大气排放 t 秒(4~6 s)后,立即关闭被测元件。排气毕,观察并记录气容内的瞬时压力 p_1 。待气容内压力回升至稳定值后,记录压力值 $p_{1\infty}$ 。测定环境温度 T_a 和大气压力 p_a 。

6.2.4 用连接管将元件 2 接在元件 1 之后,重复 6.2.3,测定元件 1 在先、元件 2 在后的两元件串接回路的 p_{10} 、 t 、 p_1 、 $p_{1\infty}$ 、 T_a 和 p_a 。

6.2.5 重复 6.2.3,测定元件 2 的 p_{10} 、 t 、 p_1 、 $p_{1\infty}$ 、 T_a 和 p_a 。

6.2.6 重复 6.2.3,测定元件 2 在先、元件 1 在后的两元件串接回路的 p_{10} 、 t 、 p_1 、 $p_{1\infty}$ 、 T_a 和 p_a 。

6.2.7 按 6.3.2 求出元件 b 值后,检验 6.2.3、6.2.4、6.2.5 和 6.2.6 中的 p_1 应满足 $p_1 \geq p_a/b$ 。若不足,应更换更大容积的气容或令 $p_{10} = 0.80$ MPa 重新测试。

6.2.8 若元件 2 的 S_2 值为已知,则可省略步骤 6.2.5 和 6.2.6,便可求得被测元件的 S 值和 b 值。

6.2.9 初始压力 p_{10} 可在 0.63 MPa 和 0.80 MPa 中选择,排气时间 t 可在 4~6 s 中选择。测定某个被测元件时,在步骤 6.2.3、6.2.4、6.2.5 和 6.2.6 中的 p_{10} 和 t 的变化范围按表 5 的规定。

表 5 p_{10} 和 t 的指示值的允许变化范围

被 测 量	p_{10}	t
指示值的允许变化, %	± 2	± 2

6.3 特征参数的计算

6.3.1 S 值

根据 6.2.3、6.2.4、6.2.5 和 6.2.6 测定的数据,按下式依次计算壅塞流动下的四个有效面积 S_1 、 S_{12} 、 S_2 和 S_{21} :

$$S = 26.1 \frac{V}{t} \sqrt{\frac{273}{T_a} \left[\left(\frac{p_{10}}{p_{1\infty}} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right]} \quad \dots\dots\dots (4)$$

6.3.2 b 值

元件 1 和元件 2 的临界压力比 b_1 和 b_2 计算公式:

$$b_1 = \frac{\alpha_2 S_{12}/S_2 - \sqrt{1 - (S_{12}/S_1)^2}}{1 - \sqrt{1 - (S_{12}/S_1)^2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$b_2 = \frac{\alpha_1 S_{21}/S_1 - \sqrt{1 - (S_{21}/S_2)^2}}{1 - \sqrt{1 - (S_{21}/S_2)^2}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\alpha_1 = 1 - (S_1/2A_1)^2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\alpha_2 = 1 - (S_2/2A_2)^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

两元件串接时的临界压力比计算公式:

$$b_{12} = b_2 S_{12}/S_2 \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$b_{21} = b_1 S_{21}/S_1 \quad \dots\dots\dots(10)$$

7 试验结果的表达

7.1 被测元件的流量特性可用公式表达。

$$\text{当 } \frac{p_2}{p_{s1}} \leq b \text{ 时, } q_m^* = 0.0404 \frac{p_{s1}}{\sqrt{T_{s1}}} S \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{当 } 1 \geq \frac{p_2}{p_{s1}} > b \text{ 时, } q_m = q_m^* \sqrt{1 - \left(\frac{p_2/p_{s1} - b}{1 - b} \right)^2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

7.2 被测元件的流量特性可用图示表达,见图2。

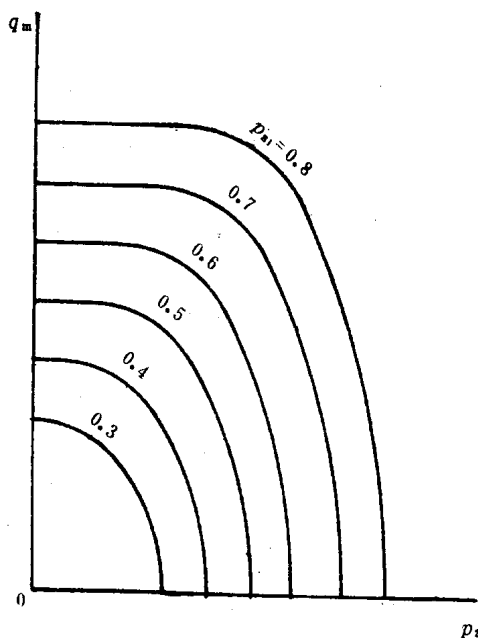


图2 气动元件流量特性曲线

7.3 被测元件的流量特性可用声速流导 C 值和临界压力比 b 值来表达, C 值和 S 值的换算式为:

$$C = 1.99 \times 10^{-3} S \quad \dots\dots\dots(13)$$

GB/T 14513-93

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国液压气动标准化技术委员会气动分技术委员会归口。

本标准由北方工业大学负责起草。

本标准主要起草人徐文灿、谢富春、陈才元、于德元、徐炳辉。