

## 方向控制阀 试验方法

Hydraulic fluid power—Valves—  
Testing method of directional control valves

## 1 适用范围

本标准适用于以液压油(液)为工作介质的方向控制阀的稳态性能和瞬态性能试验。  
比例控制阀和电液伺服阀的试验方法标准另行规定。

## 2 符号、量纲和单位

符号、量纲和单位见表1。

表1 符号、量纲和单位

名 称	符 号	量 纲	单 位
阀的公称通径	$D$	$L$	m
力	$F$	$MLT^{-2}$	N
阀内控制元件的线位移	$L$	$L$	m
阀内控制元件的角位移	$\beta$	—	rad
体积流量	$q_v$	$L^3T^{-1}$	m <sup>3</sup> /s
管道内径	$d$	$L$	m
压力、压差	$p, \Delta p$	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
时间	$t$	$T$	s
油液质量密度	$\rho$	$ML^{-3}$	kg/m <sup>3</sup>
运动粘度	$\nu$	$L^2T^{-1}$	m <sup>2</sup> /s
摄氏温度	$\theta$	$\theta$	°C
等熵体积弹性模量	$K_s$	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
体积	$V$	$L^3$	m <sup>3</sup>

注：M——质量；L——长度；T——时间； $\theta$ ——温度。

## 3 通则

## 3.1 试验装置

## 3.1.1 试验回路

3.1.1.1 图1、图8、图10和图11为基本试验回路，允许采用包括两种或多种试验条件的综合回路。

3.1.1.2 油源的流量应能调节。油源流量应大于被试阀的公称流量。油源的压力脉动量不得大于±0.5MPa。

3.1.1.3 允许在给定的基本试验回路中增设调节压力和流量的元件，以保证试验系统安全工作。

3.1.1.4 与被试阀连接的管道和管接头的内径应和被试阀的公称通径相一致。

### 3.1.2 测压点的位置

#### 3.1.2.1 进口测压点的位置

进口测压点应设置在扰动源(如阀、弯头)的下游和被试阀上游之间。距扰动源的距离应大于  $10d$ ，距被试阀的距离为  $5d$ 。

#### 3.1.2.2 出口测压点的位置

进口测压点应设置在被试阀下游  $10d$  处。

3.1.2.3 按 C 级精度测试时,若测压点的位置与上述要求不符,应给出相应修正值。

### 3.1.3 测压孔

3.1.3.1 测压孔直径不得小于 1mm,不得大于 6mm。

3.1.3.2 测压孔长度不得小于测压孔直径的 2 倍。

3.1.3.3 测压孔中心线和管道中心线垂直。管道内表面与测压孔的交角处应保持尖锐,但不得有毛刺。

3.1.3.4 测压点与测量仪表之间连接管道的内径不得小于 3mm。

3.1.3.5 测压点与测量仪表连接时,应排除连接管道中的空气。

### 3.1.4 温度测量点的位置

温度测量点应设置在被试阀进口测压点上游  $15d$  处。

### 3.1.5 油液固体污染等级

3.1.5.1 在试验系统中,所用的液压油(液)的固体污染等级不得高于 19/16。有特殊试验要求时可另作规定。

3.1.5.2 试验时,因淤塞现象而使在一定的时间间隔内对同一参数进行数次测量所测得的量值不一致时,要提高过滤器的过滤精度,并在试验报告中注明此时间间隔值。

3.1.5.3 在试验报告中注明过滤器的安装位置、类型和数量。

3.1.5.4 在试验报告中注明油液的固体污染等级,并注明测定污染等级的方法。

## 3.2 试验的一般要求

### 3.2.1 试验用油液

3.2.1.1 在试验报告中注明试验中使用的油液类型、牌号以及在试验控制温度下的油液的粘度、密度和等熵体积弹性模量。

3.2.1.2 在同一温度下测定不同的油液粘度对试验的影响时,要用同一类型但粘度不同的油液。

### 3.2.2 试验温度

3.2.2.1 以液压油为工作介质试验元件时,被试阀进口处的油液温度为  $50^{\circ}\text{C}$ ,采用其他油液为工作介质或有特殊要求时可另作规定,在试验报告中注明实际的试验温度。

3.2.2.2 冷态起动试验时,油液温度应低于  $25^{\circ}\text{C}$ 。在试验开始前把试验设备和油液的温度保持在某一温度。试验开始以后允许油液温度上升。在试验报告中记录温度、压力和流量对时间的关系。

### 3.2.3 稳态工况

3.2.3.1 被控参数在表 2 规定范围内变化时为稳态工况。在稳态工况下记录试验参数的测量值。

表 2 被控参数平均指示值允许变化范围

被控参数	测试等级		
	A	B	C
流量, %	$\pm 0.5$	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
压力, %	$\pm 0.5$	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
温度, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$	$\pm 4.0$
粘度, %	$\pm 5.0$	$\pm 10.0$	$\pm 15.0$

3.2.3.2 被测参数测量读数点的数目和所取读数的分布,应能反映被试阀在全范围内的性能。

3.2.3.3 为保证试验结果的重复性,应规定测量的时间间隔。

### 3.3 耐压试验

3.3.1 被试阀进行试验前应进行耐压试验。

3.3.2 耐压试验时,对各承压油口施加耐压试验压力。耐压试验压力为该油口最大工作压力的1.5倍,以每秒2%耐压试验压力的速率递增,保压5min,不得有外渗漏。

3.3.3 耐压试验时,各泄油口和油箱相连。

## 4 试验内容

### 4.1 换向阀

#### 4.1.1 电磁换向阀

##### 4.1.1.1 试验回路

典型的试验回路如图1。

为减少换向阀试验时的压力冲击,在不改变试验条件的情况下允许在被试阀入口的油路中接入蓄能器。

为保护流量计10,在不测量时可打开阀8d。

##### 4.1.1.2 稳态压差—流量特性试验

按GB 8107《液压阀 压差—流量特性试验方法》的有关规定进行试验。绘制各控制状态下相应阀口之间的稳态压差—流量特性曲线,如图2所示。

##### 4.1.1.3 内部泄漏量试验

###### a. 试验目的

本试验是为了测定方向阀处某一工作状态时,具有一定压力差又互不相通的阀口之间的油液泄漏量。

###### b. 试验条件

试验时,每次施加在各油口上的压力应一致,并进行记录。

试验前被试阀至少连续完成10次换向全过程。记录最后一次换向到正式测量的时间间隔及测量时间。

###### c. 试验方法

调整压力阀3a,使压力计5a的指示压力为被试阀的试验压力。分别从各油口测量被试阀在不同控制状态时的内泄漏量。

绘制内泄漏量曲线,如图3所示。

试验举例示意图见图4。

##### 4.1.1.4 工作范围试验

###### a. 试验目的

本试验是为了测定换向阀能正常换向的压力和流量的边界值范围。

注:所谓正常换向是指换向信号发出后,换向阀阀芯能在位移的两个方向的全行程上移动。

###### b. 试验条件

在电磁铁的最高稳态温度下进行试验。此温度应保证在GB 1497《低压电器 基本标准》中关于线圈有效绝缘等级推荐的范围内。

在额定电压下对线圈连续通电获得电磁铁的温度。通电时,通过换向阀的流量为零,并使整个阀处在与试验时的油温相等的环境温度中。经过充分激磁,电磁铁温度达到稳定值后开始正式试验。画出电磁铁的温升曲线,如图5所示。

记录每两次换向的间隔时间。

记录试验回路油液温度和固体污染等级。

整个试验期间,电磁铁线圈两端电压保持在预定的值上,并作出记录。

### c. 试验方法

当电磁铁温度符合要求后,在试验期间使电磁铁线圈电压比额定电压低 10%。

将被试阀处于某种通断状态,完全打开压力阀 3c(或 3a),使压力计 5b(或 5c)的指示压力为最小负载压力,并使通过被试阀的流量从小逐渐加大到某一规定的最大流量值。记录各流量所对应的压力计 5a 的指示压力。在直角坐标纸上画出如图 6 所示的曲线 *OD*。

调定压力阀 3a 及 3c(或 3d),使压力计 5a 的指示压力为被试阀的公称压力。逐渐加大通过被试阀的流量,使换向阀换向。当达到某一流量、换向阀不能正常换向时,降低压力计 5a 的指示压力直到能正常换向为止。按此方法试验,直到某一规定的流量为止。在同一坐标纸上画出曲线 *ABC*。曲线 *ABCD*O 所包含的区域即是电磁换向阀能正常换向的工作范围。曲线 *BC* 为换向阀的转换阀。

从重复试验得到的数据中确定换向阀工作范围的边界值。重复试验次数不得少于 6 次。

#### 4.1.1.5 瞬态响应试验

##### a. 试验目的

本试验是为了测试电磁换向阀在换向时的瞬态响应特性。

##### b. 试验条件

被试阀输出侧的回路容积应为封闭容积,在试验前充满油液。在试验报告中记录封闭容积的大小、容腔及管道的材料。

在电磁铁额定电压和 4.1.1.4 中规定的电磁铁温度条件下进行试验。

##### c. 试验方法

调整压力阀 3a 及 3c(或 3d),使压力计 5a 的指示压力为被试阀的试验压力。

调节流量,使通过被试阀的流量为公称压力下转换阀上所对应流量的 80%。

调整好,接通或切断电磁铁的控制电压。

从表示换向阀阀芯位移对加于电磁铁上的换向信号的响应而记录的瞬态响应曲线中确定滞后时间  $t_1$  和  $t_2$ 、响应时间  $t_3$  和  $t_4$ ,如图 7a 所示。

从表示换向阀输出侧的压力变化对加于电磁铁上的换向信号的响应而记录下来的瞬态响应曲线中确定滞后时间  $t_5$  和  $t_6$ 、响应时间  $t_7$  和  $t_8$ ,如图 7b 所示。

#### 4.1.2 电液换向阀、液动换向阀、手动换向阀、机动换向阀

##### 4.1.2.1 试验回路

典型的试验回路如图 8。1a 为主回路油源,1b 为控制回路油源。

试验回路的其余要求见 4.1.1.1。

##### 4.1.2.2 稳态压差—流量特性试验

同电磁换向阀。见 4.1.1.2。

##### 4.1.2.3 内部泄漏试验

同电磁换向阀。见 4.1.1.3。

##### 4.1.2.4 工作范围

###### a. 试验目的

本试验是为了测定电液换向阀、液动换向阀能正常换向时最小控制压力  $p_c$  的边界值范围。测定手动换向阀、机动换向阀能正常换向时最小控制力的边界值的范围。

注:正常换向是指换向信号发出后,换向阀阀芯能在位移的两个方向的全行程上移动。

###### b. 试验条件

同电磁换向阀。见 4.1.1.4。

###### c. 试验方法

在被试阀的公称压力和公称流量的范围内进行试验。在试验报告中记录试验采用的压力和流量范围值。

调整压力阀 3a 及 3c(或 3d),使压力计 5a 的指示压力为公称压力。测定被试阀在通过不同流量时的最小控制压力或最小控制力。在直角坐标系上画出工作范围曲线,见图 9(当被试阀的控制压力或控制力大于或等于最小控制压力或最小控制力时,被试阀均能正常换向)。

对于电液换向阀,当电磁铁温度符合要求后,在试验期间使电磁铁线圈电压比额定电压低 10%。

对于液动换向阀,根据规定进行下列试验中的一项或两项:

- A. 逐步增加控制压力,递增速率每秒不得超过主阀公称压力的 2%。
- B. 阶跃地增加控制压力,其斜率不得低于  $700 \text{ MPa s}^{-1}$ 。

从重复试验得到的数据中,确定阀的最小控制压力或最小控制力的边界值范围。重复试验次数不得少于 6 次。

#### 4.1.2.5 瞬态响应试验

##### a. 试验目的

本试验是为了测定电液换向阀、液动换向阀在换向时主阀的瞬态响应特性。

##### b. 试验条件

被试阀输出侧的回路容积应为封闭容积,在试验前充满油液。在试验报告中记录封闭容积的大小及容积和管道的材料。

对于电液换向阀,在电磁铁额定电压和 4.1.1.4 中规定的电磁铁温度条件下进行试验。

对于液动换向阀,控制回路中压力的变化率应能使液动阀迅速动作。

##### c. 试验方法

调整压力阀 3a 及 3c(或 3b),使压力计 5a 的指示压力为被试阀的公称压力,通过流量为被试阀的公称流量,使换向阀换向。

记录阀芯位移或输出压力的响应曲线,确定滞后时间及响应时间(见 4.1.1.5 中图 7 的规定)。

### 4.2 单向阀

#### 4.2.1 试验回路

4.2.1.1 直接作用式单向阀试验回路见图 10。

4.2.1.2 液控单向阀试验回路见图 11。

当流动方向从 A 口到 B 口时,在控制油口 X 上施加或不施加压力的情况下进行试验。当流动方向从 B 口到 A 口时,则在控制油口上施加控制压力进行试验。

#### 4.2.2 稳态压差—流量特性试验

按 GB 8107 的有关规定进行试验,并绘制稳态压差—流量特性曲线,见图 12。

#### 4.2.3 直接作用式单向阀的最小开启力 $p_{\text{omin}}$ 试验

本试验目的是确定被试阀的最小开启力  $p_{\text{omin}}$ 。

在被试阀 2b 的压力为大气压时,使 A 口压力  $p_A$  由零逐渐升高,直到  $p_B$  有油液流出为止。记录此时的压力值,重复试验几次。由试验的数据来确定阀的最小开启压力  $p_{\text{omin}}$ 。

#### 4.2.4 液控单向阀控制压力 $p_x$ 试验。

##### 4.2.4.1 试验目的

本试验是为了测试使液控单向阀反向开启并保持全开所必须的最小控制压力  $p_x$ 。

测试液控单向阀在规定的压力  $p_A$ 、 $p_B$  和流量  $q_V$  的范围内,使阀关闭的最大控制压力  $p_{xc}$ 。

##### 4.2.4.2 测试方法

当液控单向阀反向未开启前,在规定的  $p_B$  范围内保持  $p_B$  为某一值 ( $p_{B\text{max}}$ 、 $0.75p_{B\text{max}}$ 、 $0.5p_{B\text{max}}$ 、 $0.25p_{B\text{max}}$  和  $p_{B\text{min}}$ ),控制压力  $p_x$  由零逐渐增加,直到反向通过液控单向阀的流量达到所选择的流量  $q_V$  值为止。

记录控制压力  $p_x$  和对应的流量  $q_V$ ,重复试验几次。由所记录的数据来确定使阀开启并通过所选择的流量  $q_V$  值时的最小控制压力  $p_x$ 。绘制阀的开启压力  $p_{x0}$ —流量  $q_V$  关系曲线,见图 13。

在控制油口  $X$  上施加控制压力  $p_x$ , 保证被试阀处于全开状态, 使  $p_A$  值处于尽可能低的条件下, 选择某一流量  $q$ , 通过被试阀, 逐渐降低  $p_x$  值, 直到单向阀完全关闭为止。

记录控制压力  $p_x$  和流量  $q$ , 重复试验几次。由记录的数据来确定使阀关闭的最大控制压力  $p_{x\max}$ 。绘制液控单向阀关闭压力  $p_{xc}$ —流量  $q$ , 关系曲线, 见图 14。

#### 4.2.5 泄漏量试验

泄漏量试验的测量时间至少应持续 5min。

试验报告中应注明试验时的油液温度、油液的类型、牌号和粘度。

##### 4.2.5.1 直接作用式单向阀

试验时, 应将被试阀反向安装。

$A$  口处于大气压下,  $B$  口接入规定的压力值。在一定的时间间隔内(至少 5min), 测量从  $A$  口流出的泄漏量, 记录测量时间间隔值、泄漏量及  $p_B$  值。

##### 4.2.5.2 液控单向阀

$A$  口和  $X$  口处于大气压力下,  $B$  口接入规定的压力值。在一定的时间间隔内(至少 5min), 测量从  $A$  口流出的泄漏量。记录测量的时间间隔值、泄漏量及  $p_B$  值。

此方法也适合测量从泄漏口  $Y$  流出的泄漏量。

## 5 试验报告

5.1 被试阀和试验条件的资料至少应包括下列各项并在试验报告中写明:

- a. 制造厂厂名;
- b. 产名规格(型号、系列号等);
- c. 制造厂有关阀的说明;
- d. 连接管道和管接头的明细表;
- e. 制造厂有关过滤的要求;
- f. 回路中过滤器精度等级;
- g. 试验油液的实际固体污染等级;
- h. 试验油液(牌号说明);
- i. 试验油液的运动粘度;
- j. 试验油液的密度;
- k. 试验油液的等熵体积弹性模量;
- l. 试验油液的温度;
- m. 环境温度;
- n. 最大连续工作压力;
- o. 试验允许的最大流量;
- p. 电液换向阀和液动换向阀的最大和最小控制压力;
- q. 手动换向阀和机动换向阀的控制力;
- r. 液控单向阀的最大和最小控制压力;
- s. 特殊要求, 例如: 安装位置的限制。

## 5.2 试验结果

在试验报告中将所有试验结果列成表格, 并绘制成曲线。

### 5.2.1 耐压压力(对所有阀种)

记录耐压压力值。

### 5.2.2 换向阀

- a. 稳态压差-流量特性曲线(见图 2);

- b. 内泄漏量曲线(见图 3);
- c. 工作范围曲线(见图 6、图 9);
- d. 瞬态响应曲线(见图 7)。

## 5.2.3 单向阀

- a. 稳态压差-流量特性曲线(见图 12);
- b. 直接作用式单向阀最小开启压力;
- c. 液控单向阀控制压力  $P_x$ -流量  $q$ , 特性曲线(见图 13、图 14);
- d. 泄漏量。

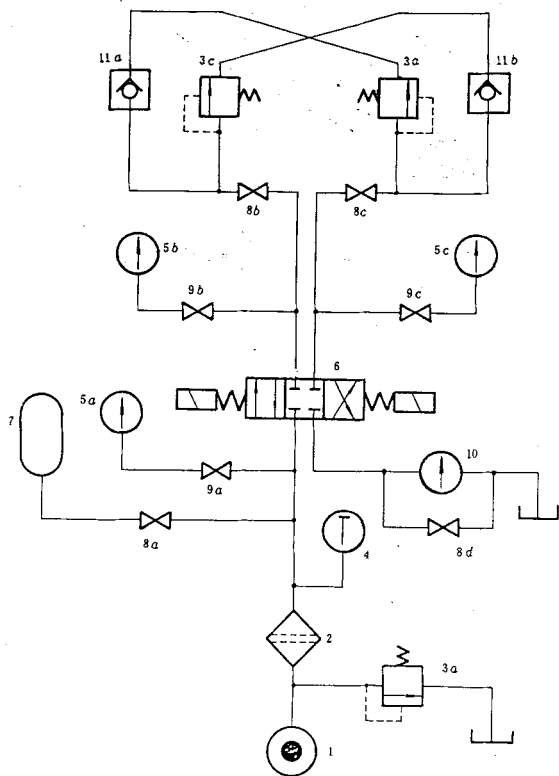


图 1 电磁换向阀试验回路

- 1—液压源； 2—过滤器； 3—溢流阀； 4—温度计； 5—压力计； 6—被试阀；  
7—蓄能器； 8—截止阀； 9—压力计开关； 10—流量计； 11—单向阀

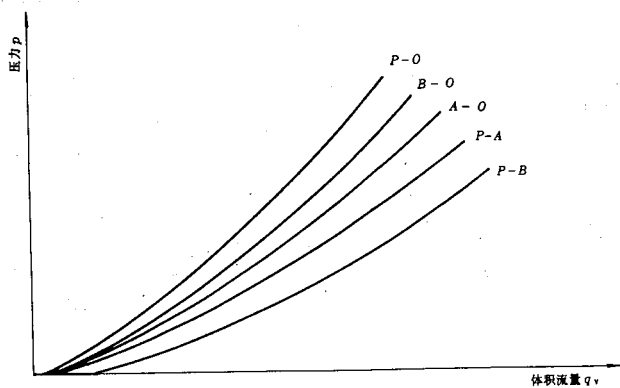


图 2 稳态压差—流量特性曲线

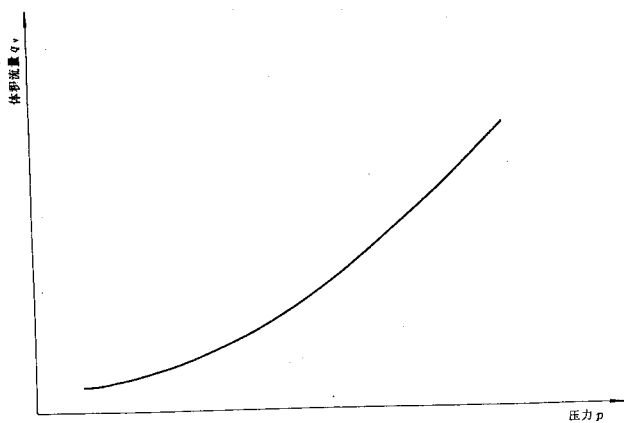
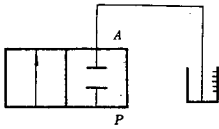
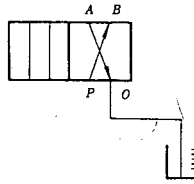


图 3 内泄漏量曲线

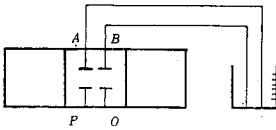




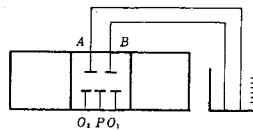
二位二通



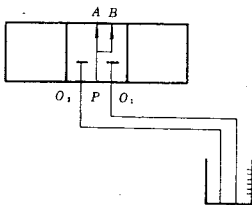
二位四通



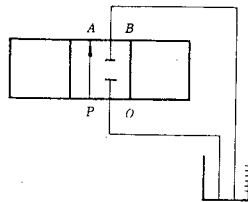
OP型四通



O型五通



P型五通



C型四通

图 4 内间泄漏试验示意图

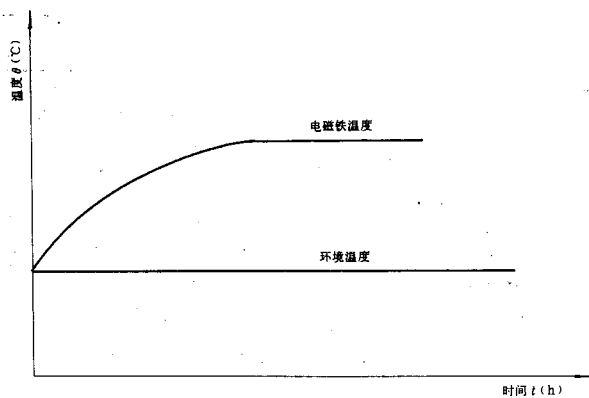


图 5 电磁铁温升曲线

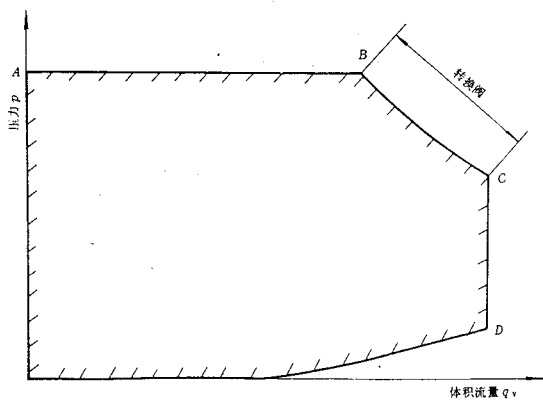
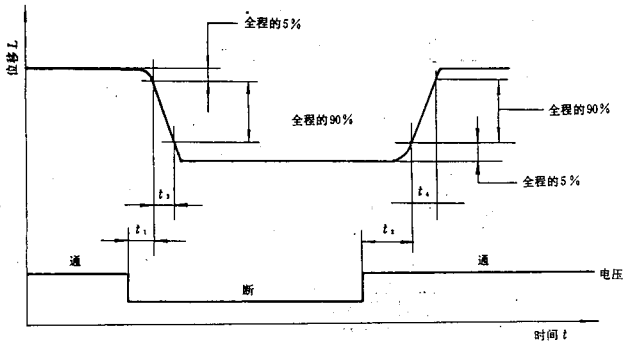
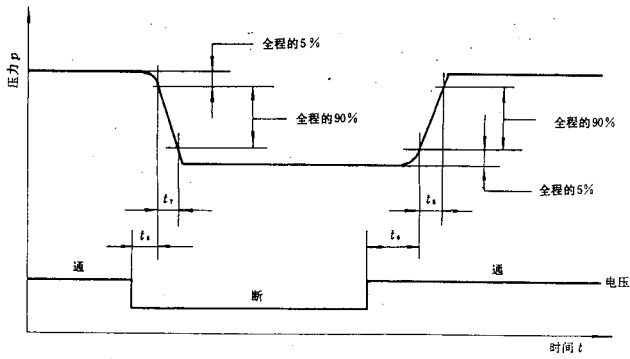


图 6 电磁阀的工作范围曲线



a 阀芯位移 - 时间关系曲线



b 压力-时间关系曲线

图 7 换向阀瞬态响应曲线

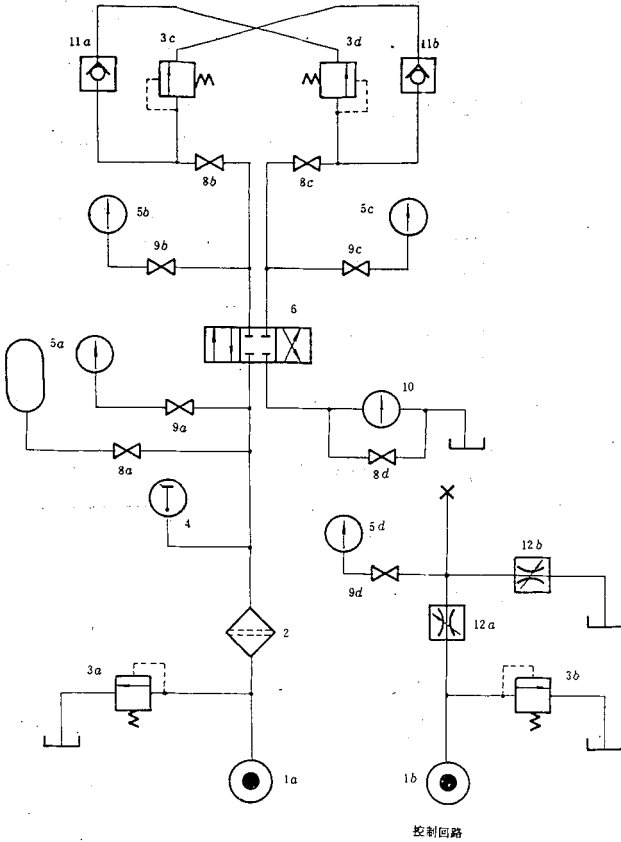


图 8 电液换向阀、液动换向阀、手动换向阀试验回路

1—液压源； 2—过滤器； 3—溢流阀； 4—温度计； 5—压力计； 6—被试阀； 7—蓄能器；  
8—截止阀； 9—压力计开关； 10—流量计； 11—单向阀； 12—节流阀

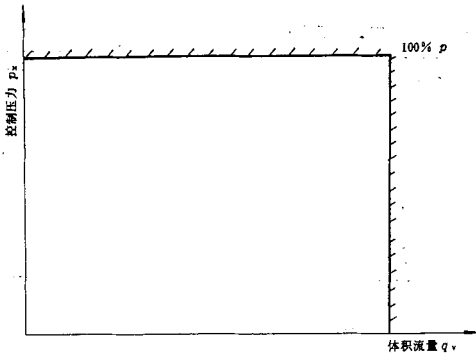


图9 电液换向阀、液动换向阀、手动换向阀、机动换向阀的工作范围曲线

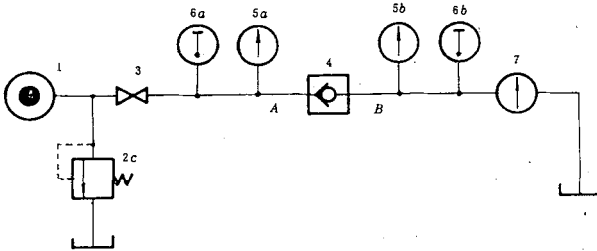


图10 直接作用式单向阀试验回路

- 1—液压源； 2—溢流阀； 3—截止阀； 4—被试阀；  
5—压力计； 6—温度计； 7—流量计

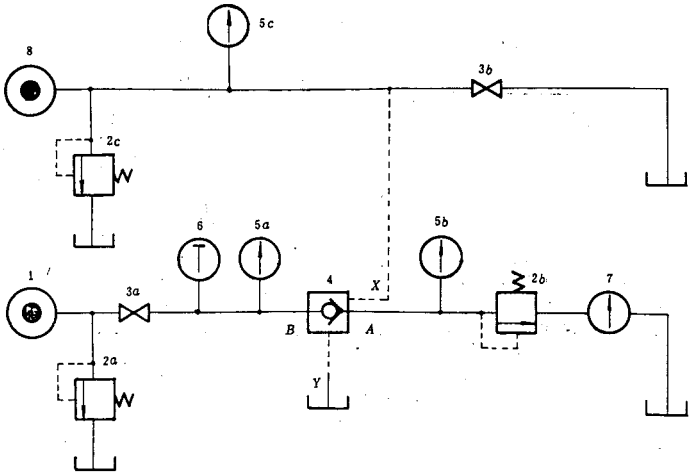


图 11 液控单向阀试验回路

- 1—液压源； 2—溢流阀； 3—截止阀； 4—被试阀； 5—压力计；  
6—温度计； 7—流量计； 8—控制油源

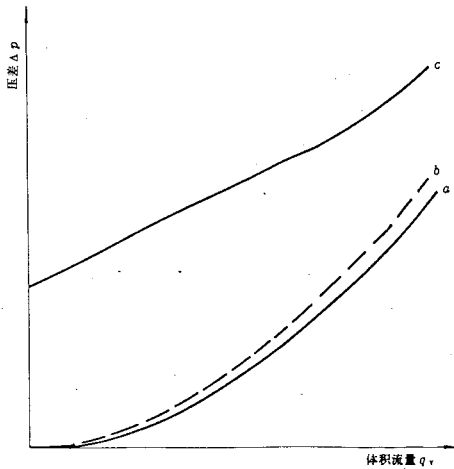


图 12 液控单向阀稳态压差-流量特性曲线

a: A-B; b: B-A; c: A-B ( $p_x=0$ )

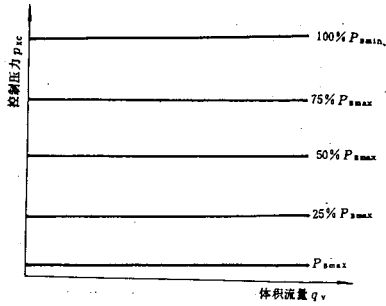


图 13 液控单向阀开启的控制压力  $p_{xc}$ -流量  $q_v$  特性曲线

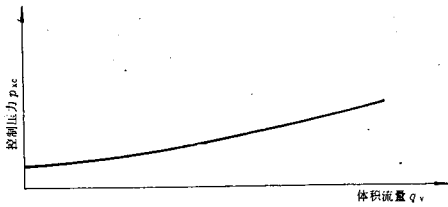


图 14 液控单向阀关闭的控制压力  $p_{xc}$ -流量  $q_v$  特性曲线

**附录 A**  
**测试等级**  
(补充件)

**A1 测试等级**

根据 GB 7935《液压元件 通用技术条件》的规定,按 A、B、C 三种测试等级中的一种进行试验。

**A2 误差**

经标定或与国家标准比较表明,凡不超过表 A1 中所列范围的系统误差的任何装置和方法均可采用。

表 A1 测试系统的允许系统误差

测试仪表参数	测试等级		
	A	B	C
流量, %	±0.5	±1.5	±2.5
压差 $p < 200\text{kPa}$ 表压时, kPa	±2.0	±6.0	±10.0
压差 $p \geq 200\text{kPa}$ 表压时, %	±0.5	±1.5	±2.5
温度, °C	±0.5	±1.0	±2.0

注:表中给出的百分数极限范围是指被测量值的百分比,而不是试验参数的最大值或测量系统的最大读数的百分比。

**附加说明:**

本标准由全国液压气动标准化技术委员会提出并归口。

本标准由北京工业学院、北京机械工业自动化研究所负责起草。