

前 言

本部分是修改采用国际标准 ISO 10770-1:1998《液压传动 电调制液压控制阀 第1部分:四通方向流量控制阀的试验方法》编制的,是对 GB/T 15623—1995《电液伺服阀试验方法》的修订。

本部分与 GB/T 15623.2—2003 废止并代替 GB/T 15623—1995。

GB/T 15623 在总标题《液压传动 电调制液压控制阀》下,由以下几部分组成:

- 第1部分:四通方向流量控制阀试验方法;
- 第2部分:三通方向流量控制阀试验方法;
- 第3部分:压力控制阀试验方法。

本部分与 ISO 10770-1:1998 有如下技术差异:

- 本部分在“2 规范性引用文件”中以相应的国家标准替代了 ISO 10770-1:1998 中所引用的国际标准;
 - 在“图 16a)”中,以“上升时间”取代了“响应时间”;
 - ISO 10770-1:1998 中将 A、B 油口称为“控制油口”,为符合我国液压行业的习惯以及区别于“先导控制油口、外控制油口”的概念,本部分将其改为“工作油口”。
 - 表 2 中的“过滤”改为“油液污染等级”,说明一栏改为“油液污染等级应按元件制造商的使用规定,表示方法按 GB/T 14039”。
 - ISO 10770-1:1998 的 8.1.2.2.3 试验步骤、8.1.2.3.3 试验步骤中“保持供油压力至少 30 s”,本部分将其改为“保持供油压力至少 5 min”。
 - 删除了 ISO 10770-1:1998 的附录 C 参考文献。
- 本部分对 GB/T 15623—1995 做了如下修改:
- 本部分仅规定了四通方向流量控制阀的试验方法。
 - 本部分内容较前版本更全面,适用范围更广泛。不仅包括电液伺服阀的试验方法,而且覆盖了电液比例方向阀和电液比例流量阀的试验方法。
 - 标准名称改为与采用的国际标准名称一致。

本部分的附录 A 是规范性附录,附录 B 是资料性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国液压气动标准化技术委员会(SACS/TC3)归口。

本部分起草单位:浙江大学流体传动及控制国家重点实验室、北京机械工业自动化研究所。

本部分主要起草人:吴根茂、邱敏秀、尚增温、刘新德、赵曼琳。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 15623—1995。

引 言

在液压传动系统中,功率依靠来自液压动力源的有压流体通过电调制的液压控制阀传递到一个或几个负载。

这类控制阀是一种接收电的控制信号并从动力源获得液压动力,然后根据输入电信号的大小和极性,控制流向负载的流体流动方向和流量的元件。为了成功地应用电调制液压控制阀,必须了解这类阀的许多静态、动态特性及其试验方法。

液压传动 电调制液压控制阀

第 1 部分：四通方向流量控制阀试验方法

1 范围

本部分规定了电调制液压四通方向流量控制阀产品验收和型式(或鉴定)试验的方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 15623 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分。然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 786.1 液压气动图形符号(eqv ISO 1219-1:1991)

GB/T 3141 工业液体润滑剂 ISO 粘度分类(eqv ISO 3448:1992)

GB/T 4728(所有部分) 电气简图用图形符号(idt IEC 617)

GB/T 7631.2 润滑剂和有关产品(L类)的分类 第 2 部分: H 组(液压系统)(eqv ISO 6743-4:1982)

GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号(ISO 4406:1999,MOD)

GB/T 17446 流体传动系统和元件 术语(idt ISO 5598:1985)

3 术语和定义

GB/T 17446 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

电调制液压流量控制阀 electrically modulated hydraulic flow control valves

随连续不断变化的电输入信号而提供成比例的流量控制的阀。

4 符号和单位

与本部分有关的特性参数的符号和单位列于表 1。

表 1 特性参数符号和单位

特 性 参 数	符 号	单 位
线圈阻抗	Z	Ω
线圈电感	L	H
线圈电阻	R	Ω
绝缘电阻	R_i	Ω
颤振幅度	—	%最大输入信号的百分比
颤振频率	f_d	Hz
输入信号	I 或 U	A 或 V
额定信号	I_N 或 U_N	A 或 V

表 1 (续)

特 性 参 数	符 号	单 位
输出流量	q	l/min
额定流量	q_N	l/min
流量增益	$K_v = (\delta q / \delta I \text{ 或 } \delta q / \delta U)$	l/min/输入信号单位
迟滞	—	%最大输入信号的百分比
内泄漏	q_i	l/min
供油压力	p_p	MPa(bar)
回油压力	p_T	MPa(bar)
负载压力	p_A	MPa(bar)
阀压降	$p_v = p_p - p_A \text{ 或 } p_A - p_T$	MPa(bar)
额定的阀压降	p_N	MPa(bar)
压力增益	$S_v = (\delta p_A / \delta I \text{ 或 } \delta p_A / \delta U)$	MPa(bar)/输入信号单位
阈值	—	%最大输入信号的百分比
振幅比	—	dB
相位移	—	度(°)
温度	—	℃
频率	f	Hz
时间	t	s

注: 1 bar = $10^5 \text{ N/m}^2 = 0.1 \text{ MPa}$ 。

5 标准试验条件

除非另有说明,在表 2 中给出的标准试验条件适用于本部分所规定的各项试验。

表 2 标准试验条件

环境温度	(20±5)℃
油液污染等级	油液污染等级应按元件制造商的使用规定,表示方法按 GB/T 14039
液压油液种类	市场销售的矿物基液压油液,即按 GB/T 7631.2 规定的 L-HL 液压油液或适合阀工作的其他液压油液
液压油液温度	在阀入口处(40±6)℃
液压油液黏度等级	N 32,按 GB/T 3141
供油压力	根据相应的试验要求,允许误差±2.5%
回油压力	按制造商推荐

注:使用其他可替代的液压油液时,应规定油液的种类和黏度等级。

6 试验装置

6.1 概述

应提供符合 6.2 和 6.3 规定的,并且能满足附录 A 所规定的允许误差极限的试验装置。附录 B 给出了试验的实施指南。

注1:图1、图2和图3是典型的试验回路。在这些回路中,没有包含为防止因元件失效而发生事故所必须设置的所有安全装置。可采用能达到相同目的的其他试验回路,但必须考虑试验人员和试验设备的安全措施。

注2:图1、图2和图3中所使用的图形符号应符合GB/T 786.1和GB/T 4728的规定。

6.2 静态试验

图1所示为典型的静态试验回路。采用该回路的试验装置,允许用逐点或连续绘制法记录下列特性曲线:

- a) 流量-输入信号特性曲线;
- b) 压力-输入信号特性曲线;
- c) 流量-阀压降特性曲线;
- d) 流量-负载压力特性曲线;
- e) 流量-温度特性曲线。

6.3 动态试验

图2所示为典型的动态试验回路。该回路利用了图1中的部分回路,采用该回路的试验装置可以进行下列试验:

- a) 频率响应试验;
- b) 阶跃响应试验。

7 电气试验

7.1 概述

在进行后续的试验之前,在适当时应应对所有不带集成电路的阀进行7.2至7.4中所规定的试验。

7.2 线圈电阻

应在规定的环境温度下,对线圈进行该项试验。使用测量精度高于±2%测量值的电子测量仪器,测出阀线圈两端间的电阻。

注:在测量线圈电阻时,不需要向被试阀供给压力油液。

7.3 线圈电感

7.3.1 对工作在表2规定的标准试验条件下的阀,测量其总的线圈电感(符合四引线,双线圈结构的线圈系列)。

注:本试验测量的视在电感,由于受运动衔铁产生的反电势(电子运动力)的影响,它将随信号的频率和振幅的变化而变化。可利用测试结果选择合适的驱动放大器。

7.3.1.1 连接一个适当的振荡器驱动阀的线圈,该线圈需与一个精密的无电感电阻串接在一起,见图3a)。

7.3.1.2 调整振荡器频率 f 为50 Hz或60 Hz,以区别于试验设备的供电电源频率。

7.3.1.3 调节阀的输入电流,使其峰值等于阀的额定电流。

7.3.1.4 采用一个能够向阀提供不失真电流的振荡器。

7.3.1.5 使用示波器监视电阻 R 的电压波形,检测该波形是否为正弦波。

7.3.1.6 测出交流电压 U_R 、 U_T 和 U_V 的峰值。

7.3.1.7 绘制图3b)所示的曲线,表示电压之间的矢量关系。

7.3.1.8 根据下列公式确定线圈阻抗:

$$Z = R \frac{U_V}{U_R} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Z ——阻抗,单位为欧姆(Ω)。

$$L = \frac{R}{2\pi f} \times \frac{U_L}{U_R} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L ——视在电感,单位为亨(H)。

7.3.2 另一种可选择的试验方法:利用满电流下的阶跃响应得出线圈时间常数 t_c ,用下式计算电感:

$$L = R_c \times t_c \text{ (如图 4 所示)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

7.4 绝缘电阻

在线圈的接线端和阀体之间施加 500 V 的直流电压,保持 15 s。在施加电压的同时,用相应的绝缘测试仪测量绝缘电阻。测试仪上的电流读数与电阻相对应,由下式计算出绝缘电阻,单位为欧姆(Ω):

$$R_i = \frac{500 \text{ V}}{I} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中测量到的电流 I 用安培(A)为单位表示。

该电阻一般超过 100 M Ω 。此外,对于四引线双线圈结构,同样可确定线圈间的电阻。如果内部电气元件是与油液相接触的(如湿式线圈),在进行本项试验前应向阀内注入液压油液。

8 性能试验

在进行所有下列试验时,在试验系统中应包括由阀制造商指定的放大器(当放大器被指定时)。如果使用外部脉宽调制放大器,应记录调制频率。在所有情况下,应记录放大器电源电压。

注:对阀和放大器宜进行全部性能试验。输入信号施加于放大器上,而不直接加于阀。

8.1 静态试验

8.1.1 概述

进行这些试验时,需仔细排除动态影响。在进行任何其他试验之前,首先应该进行 a)项试验。

- a) 耐压试验,按 8.1.2;
- b) 内泄漏试验,按 8.1.3;
- c) 在恒定的阀压降下,输出流量-输入信号特性试验,按 8.1.4 和 8.1.5,以确定:
 - 1) 额定流量;
 - 2) 流量增益;
 - 3) 流量线性度;
 - 4) 流量迟滞;
 - 5) 流量对称度;
 - 6) 流量极性;
 - 7) 阀心遮盖状况;
 - 8) 阈值。
- d) 节流调节特性试验,按 8.1.6;
- e) 输出流量-负载压差特性试验,按 8.1.7;
- f) 输出流量-阀压降特性试验,按 8.1.8;
- g) 极限功率特性试验,按 8.1.9;
- h) 输出流量或阀芯位置-油液温度特性试验,按 8.1.10;
- i) 压差-油液温度特性试验,按 8.1.11;
- j) 压力增益-输入信号特性试验,按 8.1.12;
- k) 压力零漂,按 8.1.13;
- l) 故障保护功能试验,按 8.1.14。

8.1.2 耐压试验

8.1.2.1 概述

耐压试验应在阀的其他试验之前进行,以检验阀的耐压性。可使用简化的高压试验装置进行此项试验,代替图1所示的试验回路的装置。

8.1.2.2 供油耐压试验

试验时,耐压压力加于阀的压力油口和工作油口,同时打开回油口。本试验应按如下步骤进行。

8.1.2.2.1 试验回路

建立图1所示的液压试验回路,打开阀g和j,关闭所有其他阀。

8.1.2.2.2 设定

调整阀的供油压力至额定供油压力的1.3倍或35 MPa(350 bar),取低者。

8.1.2.2.3 试验步骤

保持供油压力至少5 min。

在试验的前半周期,输入最大正向输入信号;在试验的后半周期,输入最大反向输入信号。在试验期间,检查阀的外部泄漏和永久性变形迹象。

8.1.2.3 回油口耐压试验

试验时,耐压压力加于阀的压力油口、工作油口和回油口。试验应按如下步骤进行。

8.1.2.3.1 试验回路

建立图1所示的液压试验回路,同时打开阀c、e和h,关闭所有其他阀。

8.1.2.3.2 设定

调整阀的供油压力至规定的最高回油口压力的1.3倍。

8.1.2.3.3 试验步骤

保持该压力至少5 min。

在试验的前半周期,输入最大正向输入信号;在试验的后半周期,输入最大负向输入信号。

试验期间不应出现外泄漏和永久变形。

8.1.3 内泄漏试验(工作油口封闭)

8.1.3.1 概述

在试验之前,应进行必要的机械/电气调整,如阀的调零。然后按以下的方法进行试验,以确定包括所有先导控制流量在内的总的内泄漏量。

8.1.3.2 试验回路

建立图1所示的液压试验回路,同时打开阀g,关闭所有其他阀。

8.1.3.3 设定

调整阀的供油压力至高于回油压力10 MPa(100 bar)以上,以及适当的先导压力。

8.1.3.4 试验步骤

按以下步骤进行试验:

- 在进行泄漏试验之前,在阀的整个输入信号范围内,迅速地运行几次。
- 在最大正、负输入信号范围内,记录T油口和Y油口的泄漏量(见图5)。

如果有必要,在压力增至被试阀的最高供油压力下,可重复进行这些试验。

注:对一些特殊的阀芯,有必要单独测定先导流量和油口之间的泄漏量,见8.1.6。

8.1.4 在恒定的阀压降下,输出流量-输入信号特性(打开工作油口)

8.1.4.1 概述

应进行本项试验,以得到输出流量-输入信号特性曲线,并据此获得阀的稳态特性。

8.1.4.2 试验回路

8.1.4.2.1 对于带内部先导供油的多级阀,可采用经适当修改的回路配置,例如采用下列任何一种

方法:

- a) 在阀和试验油路块之间插入压力补偿器。
- b) 采用图 1 所示的加载阀,对被试阀加载。该阀可工作在开环或闭环条件下,以保持阀的恒定压降。

8.1.4.2.2 调整图 1 所示的液压试验回路,打开 a,b,c,d,g,j 阀,关闭所有其他阀。

8.1.4.3 设定

8.1.4.3.1 视具体情况,阀的总压降设定在 1 MPa(10 bar)、7 MPa(70 bar)或最高供油压力的 1/3。

8.1.4.3.2 对于独立先导供油的多级阀,调节先导供油压力至 10 MPa(100 bar)。

8.1.4.3.3 对于带内部先导供油的多级阀,调节供油压力至 10 MPa(100 bar),除非制造商另有规定。

8.1.4.4 试验步骤

按以下步骤进行试验:

- a) 循环输入信号数次。
- b) 采用连续测绘/记录方式,建立适当的坐标系,以 X 轴记录输入信号,Y 轴记录输出流量。
- c) 调节自动信号发生器,使其产生一个能达到最大正、负幅值的三角波形的输入信号。
- d) 使输入信号连续周期变化,保证记录笔以一定的速度自如地运动,即:在该速度下流量传感器和它的输出信号及记录仪的动态影响可以忽略不计。当使用 X-Y 绘图仪或记录仪时,自动控制阀必须有一定的压降,并要保证在整个信号循环周期内保持该压降变化在 5% 以内。
- e) 在信号连续循环变化的同时,连续地记录一个完整信号周期内的特性(见图 6)。根据 8.1.4.4 的步骤 a)~e) 来确定下列特性:
 - 1) 额定信号下的输出流量;
 - 2) 流量增益;
 - 3) 线性度;
 - 4) 迟滞;
 - 5) 死区特性(即阀芯遮盖状态);
 - 6) 对称性;
 - 7) 极性;
 - 8) 极限功率(见 8.1.9)。

如果有必要,可将压力增加到被试阀的最高供油压力,重复上述试验。

在无法监测输出流量的情况下,也可以用监测阀芯位移来代替,可以得到:

- 1) 额定信号下阀芯的位置;
- 2) 迟滞;
- 3) 极性。

8.1.5 阈值特性试验

8.1.5.1 概述

应进行本项试验,以得到阀对反向输入信号的响应。

8.1.5.2 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开阀 a,b,c,d,g 和 j,并关闭所有其他阀。

8.1.5.3 设定

重复 8.1.4.3.1、8.1.4.3.2 和 8.1.4.3.3 中所述的设定。

8.1.5.4 试验步骤

重复 8.1.4.4 中的步骤 a) 和 b),然后按以下步骤进行:

- a) 输入一个信号使输出流量为额定流量的 25%,然后逐渐减小输入信号使流量也相应减小。缓慢减小输入信号,以尽可能地减小动态影响;

- b) 记录流量开始减小时的输入信号;
- c) 根据记录的两个信号值的代数差,通过计算信号变化增量来计算阈值;
- d) 在 75% 的额定流量下重复 a)~c) 的试验步骤;
- e) 输入相反信号,重复 a)~d) 的试验步骤;
- f) 在测试零开口和负遮盖阀的零位时,采用类似的试验。

注:试验时,也许需要调整记录仪的灵敏度。图 7 所示为典型记录图,产品验收试验可采用交流信号电平。

8.1.6 节流调节特性试验

8.1.6.1 概述

本试验的目的是测定主阀芯每个阀口的特性,以确定阀对不同负载情况的适应能力。使用流量传感器 11,记录在不同输入信号下流过某一阀口的流量(见图 8)。

注:测量小流量时,测量可能会受滞留在节流口处污染物的影响。

8.1.6.2 从供油口 P 到工作油口 A 的流量

8.1.6.2.1 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开 a, b, e, g, j 阀,关闭所有其他阀。

8.1.6.2.2 设定

重复 8.1.4.3.1, 8.1.4.3.2 和 8.1.4.3.3 的设定。

8.1.6.2.3 试验步骤

从零到额定正值缓慢地增加输入信号,利用绘图笔记录从供油口 P 到工作油口 A 的流量曲线(见图 8)。

8.1.6.3 从油口 A 到回油口 T 的流量

8.1.6.3.1 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开阀 a, e, f, i, j, 关闭所有其他阀。

8.1.6.3.2 设定

重复 8.1.4.3.1, 8.1.4.3.2 和 8.1.4.3.3 的设定。

8.1.6.3.3 试验步骤

从零到额定负值缓慢地增加输入信号,利用绘图笔记录从工作油口 A 到回油口 T 的流量曲线(见图 8)。

8.1.6.4 从供油口 P 到工作油口 B 的流量

8.1.6.4.1 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开 c, d, f, g, j 阀,关闭所有其他阀。

8.1.6.4.2 设定

重复 8.1.4.3.1, 8.1.4.3.2 和 8.1.4.3.3 的设定。

8.1.6.4.3 试验步骤

从零到额定负值缓慢地增加输入信号,利用绘图笔记录从供油口 P 到回油口 B 的流量曲线(见图 8)。

8.1.6.5 从工作油口 B 到回油口 T 的流量

8.1.6.5.1 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开 d, e, f, h, j 阀,关闭所有其他阀。

8.1.6.5.2 设定

重复 8.1.4.3.1, 8.1.4.3.2 和 8.1.4.3.3 的设定。

8.1.6.5.3 试验步骤

从零到额定负值缓慢地增加输入信号,利用绘图笔记录从工作油口 B 到回油口 T 的流量曲线(见图 8)。

注：对于中位封闭的阀，试验时可用高灵敏度的流量传感器重复 8.1.6.2~8.1.6.5 的试验。

8.1.7 输出流量-负载压差特性试验(打开工作油口)

8.1.7.1 概述

执行以下步骤，测定输出流量随负载压差变化的特性。

8.1.7.2 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路，打开阀 a、b、c、d、g、j 和加载阀 13，关闭所有其他阀。

8.1.7.3 设定

调整阀的供油压力达到最高供油压力，必要时对回油压力进行补偿。确保调定的供油压力在整个试验过程中保持恒定。供油压力下降表明液压动力源流量不足。

8.1.7.4 试验步骤

按以下步骤进行试验：

- 使输入信号在最大负值和最大正值之间，逐步地循环变化几次。
- 设置 X-Y 记录仪，Y 轴记录输出流量，X 轴记录负载压差[见图 9a)]。
- 调整输入信号为额定正值的 25%。
- 绘图笔开始记录，慢慢关小加载阀 13(见图 1)，可以得到额定正向输入信号时输出流量与负载压差连续变化的曲线。
- 在额定输入信号的 100%、75% 和 50% 时，重复步骤 c 和 d[见图 9a)]。
- 在负向输入信号时，重复步骤 c~e[见图 9a)]。
- 对于带内部压力补偿装置的阀，进行上述试验确定负载压力补偿装置的效果，并按图 10a) 所示的方式记录试验结果。

8.1.8 输出流量-阀压降特性试验(打开工作油口)

8.1.8.1 概述

执行以下步骤，确定输出流量随阀压降变化的特性。

8.1.8.2 试验回路

按图 1 所示建立液压试验回路，打开阀 a、b、c、d、g、j 和加载阀 13，关闭所有其他阀。

8.1.8.3 设定

调整阀的供油压力达到最高供油压力，必要时对回程压力进行补偿。确保设定的供油压力在整个试验过程中保持恒定。供油压力下降表明液压动力源流量不足。

8.1.8.4 试验步骤

按下列步骤进行试验：

- 使输入信号在最大负值和最大正值之间逐步地循环变化几次。
- 设置 X-Y 记录仪，Y 轴记录输出流量，X 轴记录阀压降[见图 9b)]。
- 调整输入信号为额定正值(100%)。
- 关闭加载阀 13，放下绘图笔，再慢慢打开加载阀 13(见图 1)，以得到额定正输入信号时的阀压降-输出流量的连续变化曲线。
- 在负输入信号时，重复步骤 c~e[见图 9b)]。
- 对于带内部压力补偿装置的阀，进行上述试验，确定负载压力补偿装置的效果，并按图 10b) 所示的方式记录试验结果。

8.1.9 极限功率特性试验(打开工作油口)

8.1.9.1 概述

在阀压降很大时，作用在阀芯上的液动力会限制通过阀的流量，尤其是在单级阀的情况下。需进行以下试验，以测定这种效应。

8.1.9.2 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开阀 a、b、c、d、g、j,关闭阀 e、f、h、i。

8.1.9.3 设定

调整供油压力,使阀压降为额定压力的 10%。

8.1.9.4 试验步骤

- 调整输入信号至最大正向值的 95%,再叠加上一个低频的小正弦信号($\pm 5\%$),其典型频率为 0.2 Hz~0.4 Hz;
- 绘图笔开始记录;
- 缓慢增加阀的供油压力,可以测得输出流量-阀压降的关系曲线。当正弦运动停止或流量忽然减小时,停止增加供油压力,在图上标记出这一点;
- 在其他正输入信号幅值时,例如在 75%,50%和 25%额定流量下,重复本项试验;
- 连接那些标记点,(曲线上的零斜率点),便可得到极限功率特性曲线(见图 11);
- 在负向输入信号下重复步骤 a)~e)。

8.1.10 输出流量或阀芯位置-油液温度特性试验(打开工作油口)

8.1.10.1 概述

应进行下列试验,确定输出流量随油液温度变化的特性。阀和放大器要放置在 20℃ 的恒温环境中。

8.1.10.2 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开阀 a、b、c、d、g、j,关闭所有其他阀。

8.1.10.3 设定

重复 8.1.4.3 中的设定。

8.1.10.4 试验步骤

按以下步骤进行试验:

- 采用连续绘制/记录的方法,选择适当量程的记录仪,X 轴记录油液温度,Y 轴记录输出流量或阀芯位置。[见图 12a)]
- 调整输入信号,使输出流量为额定输出流量的 10%。
- 记录输出流量或阀芯位置-油液温度的关系曲线[见图 12a)]。
- 必要时,可在不同输入信号和阀压降下重复上述试验。
- 在选定温度范围内,绘制不同输入信号和阀压降下的一组曲线。

8.1.11 压差-油液温度特性试验(封闭工作油口)

8.1.11.1 概述

应执行以下步骤,确定压差随油液温度变化的特性。阀和放大器应放置在 20℃ 的恒温环境中。

8.1.11.2 试验回路

按图 1 所示建立液压试验回路,打开阀 g 和 j,关闭所有其他阀。

8.1.11.3 设定

将被试阀的供油压力调到最高供油压力。

8.1.11.4 试验步骤

按以下步骤进行试验:

- 采用连续绘制/记录的方法,选择适当量程的记录仪,X 轴记录油液温度,Y 轴记录压差。[见图 12b)]
- 调整输入信号使压差为零。
- 记录压差-油液温度的关系曲线[见图 12b)]。
- 在规定的各个输入信号和供油压力下,重复上述试验。

8.1.12 压力增益-输入信号特性试验(封闭工作油口)

8.1.12.1 概述

本项试验的目的,是确定工作油口 A 和 B 的压力增益-输入信号的特性。带正遮盖阀芯的阀不做该项试验。

8.1.12.2 试验回路

建立图 1 所示的液压试验回路,打开阀 g 和 j,关闭所有其他阀。

8.1.12.3 设定

将被试阀的供油压力调到最高供油压力。

8.1.12.4 试验步骤

按以下步骤进行试验:

a) 选择输入信号,使阀芯通过阀的中位时有足够的行程,以便在两个工作油口能有效地达到供油压力幅值。

b) 采用连续测绘或记录的方法,规定合适的范围和偏差。

c) 使输入信号在 a) 中确定的范围内缓慢变化,同时记录 A、B 两个封闭口的压力值。

注:由于本试验受到阀的泄漏特性和压力流体体积的影响,因此,完成一次扫描可能要几分钟时间。

d) 在一对坐标轴上画出油口 A 和 B 的封闭油口的负载压力-输入信号的特性曲线(见图 13)。标出各油口所对应的曲线。

e) 画出负载压差-输入信号的特性曲线(见图 14)。

8.1.13 压力零漂

8.1.13.1 试验步骤

按以下步骤进行试验:

a) 在系统压力为 10 MPa(100 bar)的情况下,调整输入信号,使油口 A 和 B 的压力相等,记录此时的输入信号值。

b) 供油压力设定在 5 MPa(50 bar),重复上述 a) 的试验。

c) 供油压力设定在 20 MPa(200 bar),重复上述 a) 的试验。

8.1.13.2 结论

输入信号的变化(以最大输入信号百分比表示),形成适应供油压力改变的压力零漂。

8.1.14 故障保护功能试验

按以下步骤进行试验:

a) 检验阀固有的故障保护特性,例如在输入信号的丢失、电功率的损失或降低、液压功率的损失或降低、反馈信号的丢失等情况时,检测阀的固有保护特性。

b) 通过监测阀芯位置,来检验安装在阀内的任何一个专用的故障保护功能装置的性能。

c) 如有必要,选择不同的输入信号,重复上述试验。

8.2 动态试验(打开工作油口)

8.2.1 试验回路和设定

8.2.1.1 建立类似于图 2 所示的试验回路。

8.2.1.2 使油口 A 和 B 到执行器的管路长度尽可能短。

8.2.1.3 使蓄能器尽可能靠近阀的 P 油口。

8.2.1.4 提供恒定的 10 MPa(100 bar)压力或额定压力,取两者中低者。测出最大输出流量。

8.2.1.5 用频率响应分析仪、示波器或其他合适的电子装置,测出输出信号的幅值以及它相对于输入信号的相位移。

8.2.1.6 用下列方法之一测得输出信号:

a) 用低摩擦力(压降不超过 0.3 MPa)、小惯性(其频带宽至少大于包括困油容积效应在内的最高

试验频率 3 倍) 执行器驱动的速度传感器的输出作为输出信号。当此方法无法实现时, 可选用方法 b) 或 c)。

- b) 如果阀带有内置的阀芯位移传感器, 而没有内置式压力补偿流量控制器, 可把阀芯位移信号作为输出信号。
- c) 如果阀不带内置的阀芯位移传感器, 也没有内置式压力补偿的流量控制器, 有必要在阀上安装外部阀芯位移传感器和相应的信号调节装置。只要外加的传感器不影响阀的频率响应, 可将阀芯位移信号作为输出信号。

使用上述 a)、b)、c) 三种方法会得到不同的结果。记录试验报告的数据, 要注明所使用的试验方法。

8.2.2 频率响应-试验步骤

8.2.2.1 输入信号频率为 5 Hz 或相位滞后为 90° 时频率的 5%, 两者中取小值, 然后在衰减到 15 dB 以上的频宽范围内, 绘制出幅值比和相位滞后曲线(见图 15)。如需要, 还包括对 45°、90° 和更高的相位滞后的响应频率。

8.2.2.2 在下列所有正弦输入信号情况下试验阀:

- a) 输入对中的输入信号, 使通过油口 A 和 B 的输出流量在零位附近交变, 其振幅足以产生约为最大稳态输出流量的 $\pm 5\%$ 的峰值输出流量。对于正遮盖阀, 使用死区消除器进行这项试验。
- b) 对于正遮盖阀, 关闭死区消除器, 重复上述 a) 的试验。
- c) 对于不带死区消除器的正遮盖阀, 输入偏置的输入信号, 通过调整直流偏置信号和输入信号, 使输出流量始终在一个方向, 例如, 阀芯整个循环总在中心的一侧进行。以带宽足够的流量传感器代替线性执行器。输入小信号, 例如, 输入信号的幅值处在或十分接近 0 Hz, 输出信号的幅值大约在该供油压力下最大的稳态输出信号的 5% 到 15% 范围。在另一方向重复上述试验。
- d) 在表 3 所示条件下重复 a)、b) 或 c) 项试验。

表 3 正弦信号函数

试验步骤	直流偏置信号 流量的百分数	叠加的正弦输入 额定流量或阀芯最大位移的百分数
8.2.2.2a)	0	± 5
	0	± 10
	0	± 25
	0	± 50
	0	± 75
8.2.2.2b)	+50	± 5
		± 10
		± 25
	-50	± 5
		± 10
		± 25

在每个试验周期内, 保持正弦输入信号的幅值不变。

8.2.3 阶跃响应-试验步骤

8.2.3.1 对阶跃输入信号的瞬态响应

在下列条件下, 按照阶跃输入信号响应的要求, 对阀进行试验:

触发阶跃函数发生器和记录仪, 产生输入信号的动态轨迹, 并监控从表 4 选定的每个阶跃条件下的阀的输出信号, 见图 16a)。用适当数据清楚地标注出每个轨迹。

8.2.3.2 对负载变化的响应(带负载压力补偿阀)

在信号振幅为额定输入信号的 50% 的情况下[必要时,在其他信号振幅下,见图 16b)],记录流量对从零负载压力到规定的最大负载压力的 50%~90% 阶跃变化的响应。

表 4 阶跃输入函数

起始状态 额定流量的百分数	终止状态 额定流量的百分数
0	+10
0	-10
0	+25
0	-25
0	+50
0	-50
0	+75
0	-75
0	+90
0	-90
+10	0
-10	0
+25	0
-25	0
+50	0
-50	0
+75	0
-75	0
+90	0
-90	0
-10	+10
-25	+25
-50	+50
-90	+90
+25	+75
+75	+25

9 耐久性试验

9.1 概述

耐久性试验应在供油压力等于阀的最高供油压力,同时工作油口 A 和 B 封闭的情况下进行。

9.2 设定

为阀提供供油压力,并且使输入电信号在最大正、负极值之间正弦变化。选定输入电信号的频率,使封闭油口压力上升到至少为每个循环峰值下供油压力的 90%。

9.3 试验步骤

在 9.2 选定的频率下,对阀进行连续试验,次数不少于 10×10^6 次循环。

9.4 在结束耐久性试验后,进行产品验收试验,以确定性能降低的程度。

9.5 记录总的循环次数和性能降低的程度。

10 压力脉冲试验

10.1 根据阀预期的额定疲劳压力,在工作油口封闭的情况下,采用下列试验条件对阀的供油口施加压力脉冲,最少持续时间为 10×10^6 次循环。

- a) 压力脉冲的幅值在回油压力[不得大于 0.35 MPa(3.5 bar)]和供油压力的 $(100 \pm 5)\%$ 之间,并限制压力上升速率,以免造成超调和气蚀。至少在每个循环的半个周期内,保持供油压力。
- b) 在试验的前半周期内,施加正向额定输入信号;而在试验的后半周期内,施加反向额定输入信号。

10.2 在结束压力脉冲试验后,对阀进行稳态试验(见 8.1),以确定性能降低的程度。

10.3 记录循环次数和性能降低程度。

11 环境试验

本标准规定的试验,应在第 5 章规定的标准试验条件下进行。然而,由于液压装置在不同环境条件下的实际应用不断增加,也许有必要进行其他试验来证实不同环境条件下阀的特性。在这种情况下,环境测试的要求宜由供应商和用户商定。

环境测试包括以下内容:

- a) 环境温度范围;
- b) 油液温度范围;
- c) 振动;
- d) 冲击;
- e) 加速度;
- f) 防爆阻抗;
- g) 防火阻抗;
- h) 侵蚀阻抗;
- i) 真空度;
- j) 环境压力;
- k) 防热辐射;
- l) 抗浸水性;
- m) 湿度;
- n) 电灵敏度;
- o) 空气粉尘含量;
- p) EMC(电磁兼容性);
- q) 污染敏感度。

12 结果的表达

12.1 概述

阀的试验结果,应以下列任一种形式表达:

- a) 表格形式;
- b) 有时为方便起见,以图的形式。

注:对不同的系统压力和输入信号电平,测试的项目要取决于试验目的,区分为开发性工作、生产或特定的用户需要。因此,没有必要对每个阀提供所有的性能参数。

12.2 试验报告

12.2.1 全部的试验报告

全部的试验报告应包括下列资料:

- a) 制造商名称;
- b) 阀型式和适用的系列号;
- c) 放大器类型和适用的系列号(如使用外部放大器);
- d) 额定阀压降下的额定流量;
- e) 阀压降;
- f) 供油压力;
- g) 回油压力;
- h) 油液种类;
- i) 油液温度;
- j) 符合 GB/T 3141 的油液黏度;
- k) 额定输入信号;
- l) 适用的线圈连接(例如串联、并联等);
- m) 颤振波形、幅值与频率,如果使用;
- n) 相关极性;
- o) 各试验参数允许试验极限;
- p) 试验数据;
- q) 试验人员姓名。

12.2.2 产品验收试验的试验报告

这些报告应包括下列资料:

- a) 绝缘试验(见 7.4);
- b) 供油耐压压力(见 8.1.2.2);
- c) 回油耐压压力(见 8.1.2.3);
- d) 最大内泄漏量(见 8.1.3);
- e) 输出流量-输入信号关系曲线(见 8.1.4);
- f) 输出流量极性-输入信号曲线(见 8.1.4.4);
- g) 输出流量滞迟-输入信号曲线(见 8.1.4.4);
- h) 流量增益 K_v 和测定增益所用的压力(见 8.1.4.4);
- i) 流量线性度(见 8.1.4.4);
- j) 零位特性(见 8.1.4.4);
- k) 压力增益(见 8.1.12.4);
- l) 阈值(见 8.1.5);
- m) 适用的故障保护功能试验(见 8.1.14);

注:附加试验可包括:供油压力零漂(两个或多个基准点)和对称度(见图 8.1.13)。

12.2.3 型式试验的试验报告

这些报告应包括下列资料:

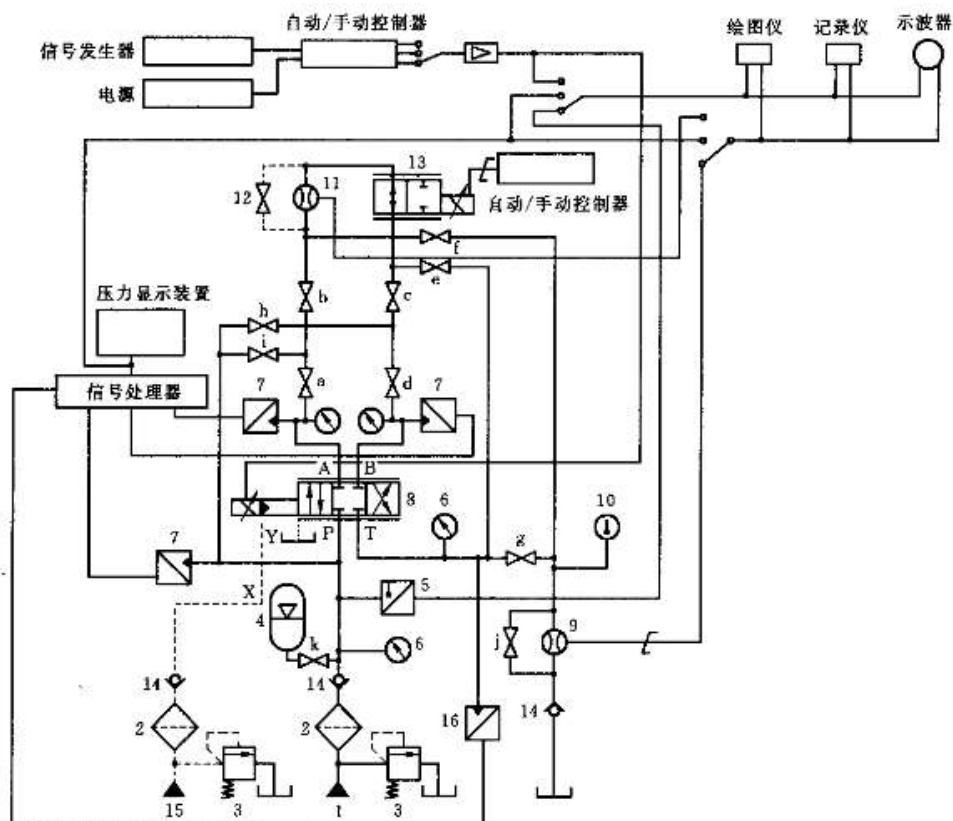
- a) 产品验收试验数据(见 12.2.2);
- b) 线圈电阻(见 7.2);
- c) 线圈电感(见 7.3);
- d) 输出流量-油液温度特性曲线(见 8.1.10);
- e) 压差-油液温度曲线(见 8.1.11);
- f) 极限功率试验数据(见 8.1.9);
- g) 节流试验数据(见 8.1.6);

- h) 输出流量-负载压差特性曲线(见 8.1.7);
- i) 输出流量-阀压降特性曲线(见 8.1.8);
- j) 动态特性(见 8.2);
- k) 耐久性试验结果(见 9);
- l) 压力脉冲试验结果(见 10);
- m) 环境试验结果(见 11);
- n) 零部件解体和目测检查任何物理品质下降的详细资料。

13 标注说明

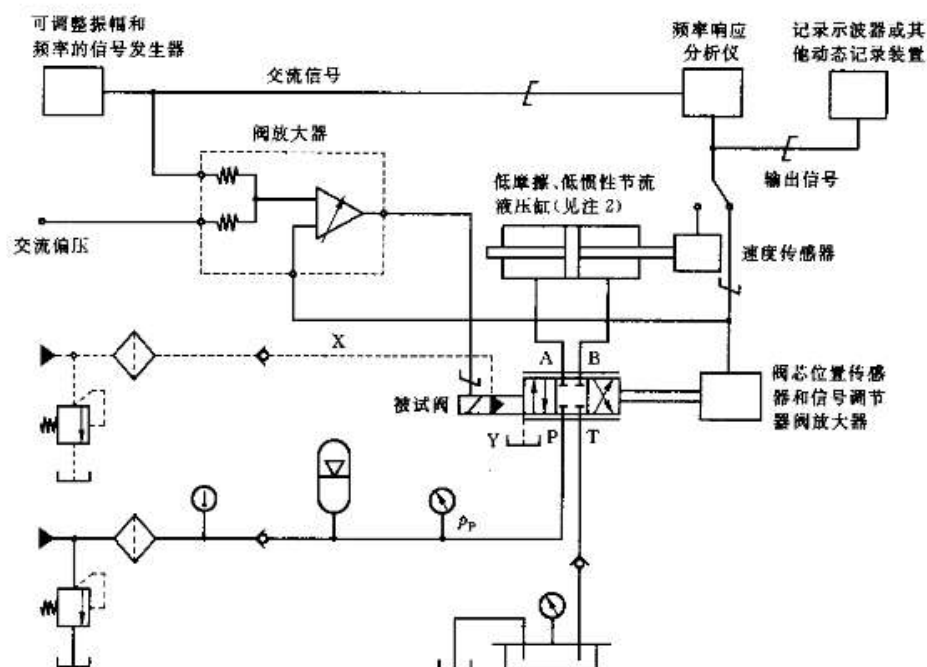
当选择完全遵守本标准试验时,建议制造商在试验报告、产品目录和销售文件中,使用如下说明:

“试验按 GB/T 15623.1—2003《液压传动 电调制液压控制阀 第1部分:四通方向流量控制阀试验方法》的规定进行”。



- | | |
|-----------------|-------------|
| 1——液压源； | 9——泄漏流量传感器； |
| 2——过滤器； | 10——温度指示器； |
| 3——溢流阀； | 11——流量传感器； |
| 4——蓄能器； | 12——备用旁通； |
| 5——温度传感器； | 13——加载阀； |
| 6——压力表； | 14——单向阀； |
| 7——压力传感器或压差传感器； | 15——液压先导油源； |
| 8——被试阀； | 16——电压传感器； |
| | a~k——正向截止阀。 |
| P——供油口； | |
| T——回油口； | |
| A和B——工作油口； | |
| X和Y——先导油口。 | |

图1 典型的稳态试验回路



注 1: 本试验回路图中未表示截止阀;

注 2: 可采用增加低增益位置反馈回路来校正节流液压缸的漂移。

图 2 典型的动态试验回路

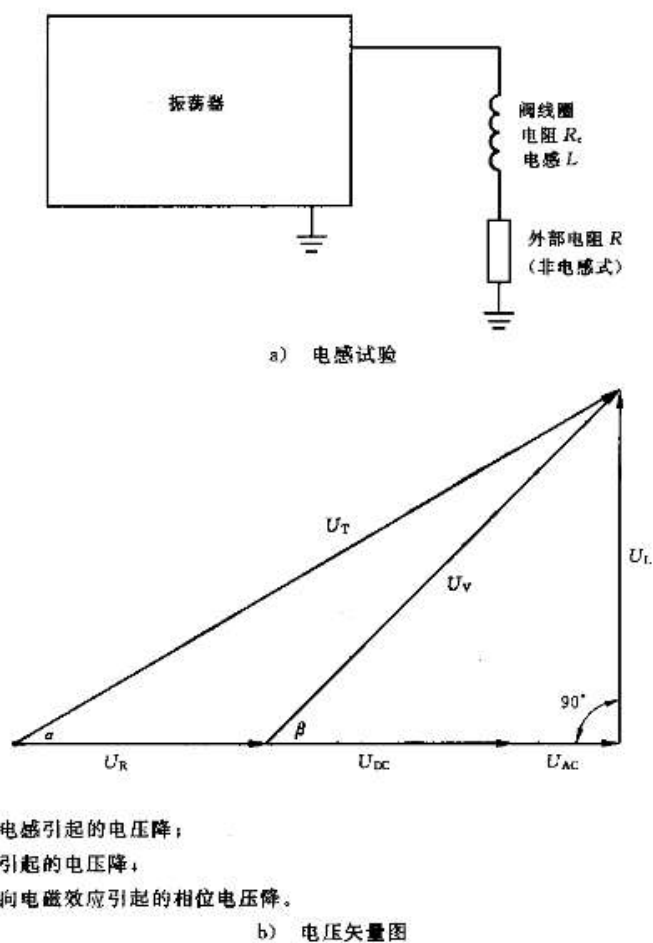


图 3 阀线圈电感试验

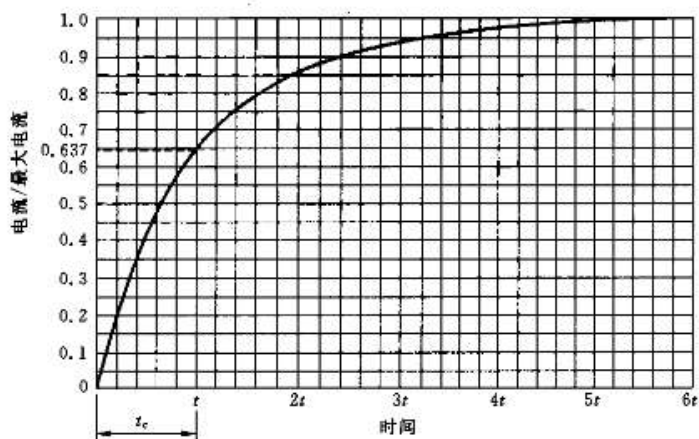


图 4 阀线圈阶跃响应特性曲线

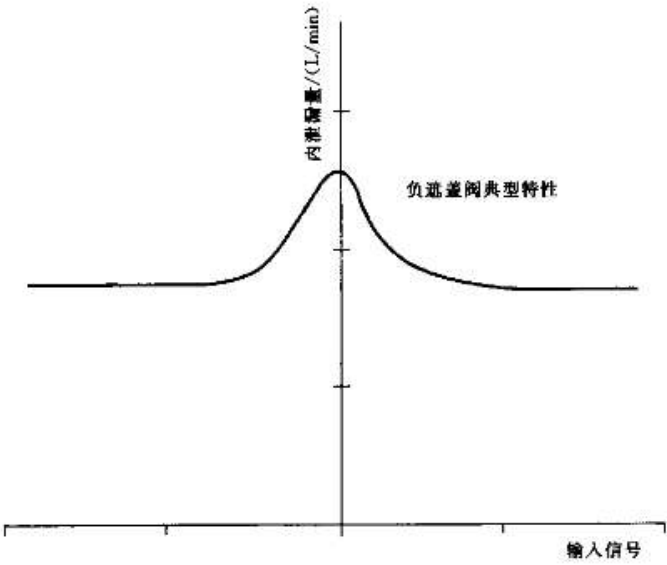


图5 内泄漏-输入信号特性曲线

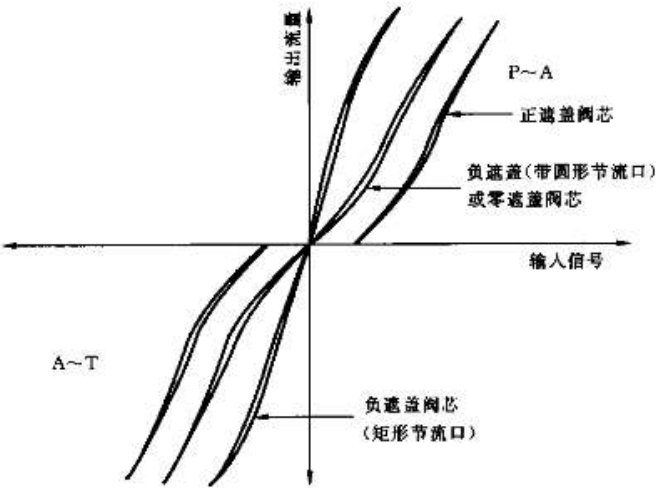


图6 恒定阀压降下输出流量-输入信号特性曲线

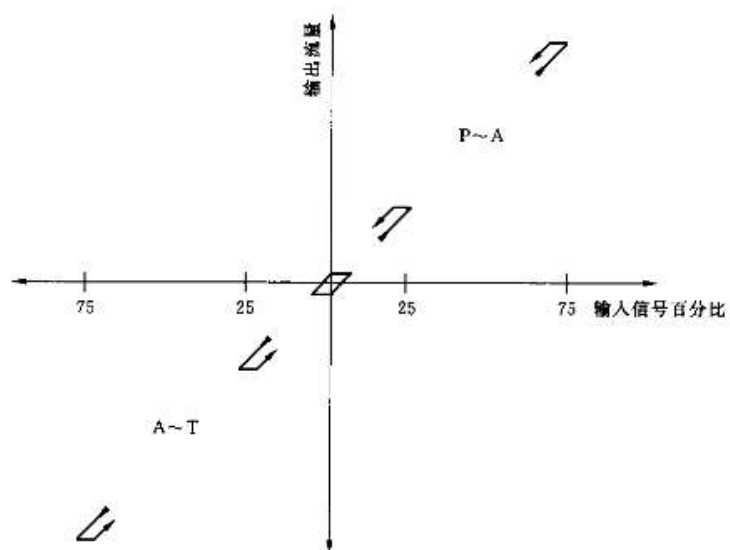


图 7 阈值特性曲线

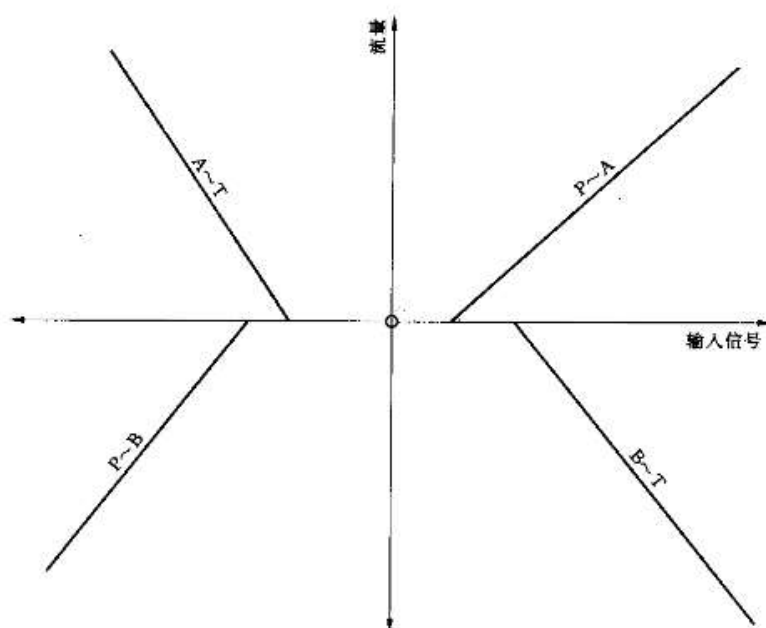
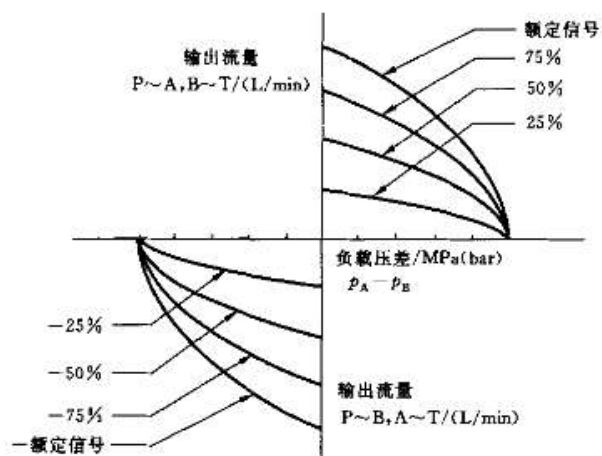
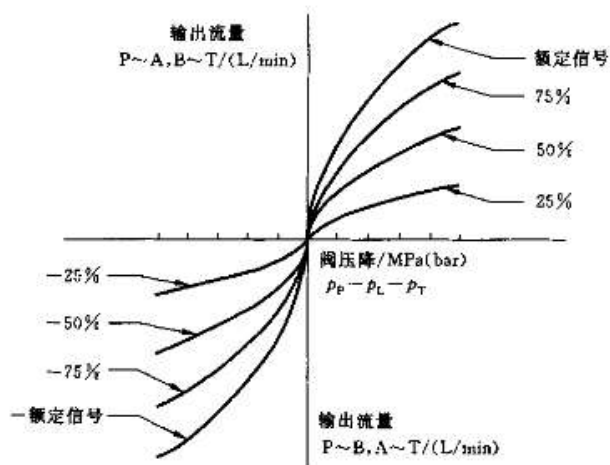


图 8 节流调节特性曲线



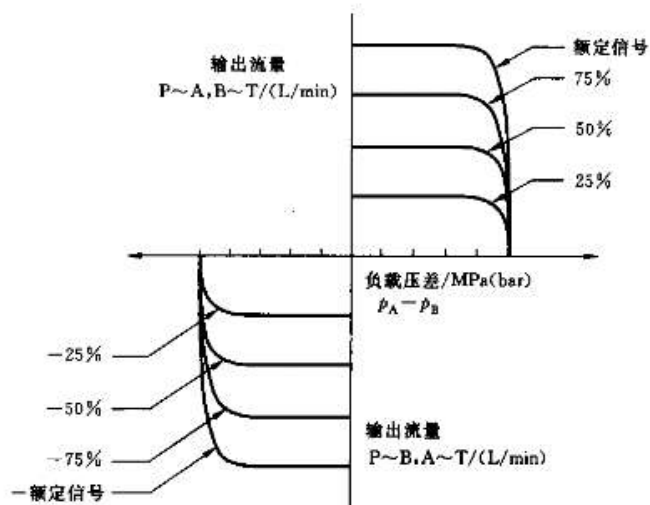
a) 输出流量-负载压差特性曲线



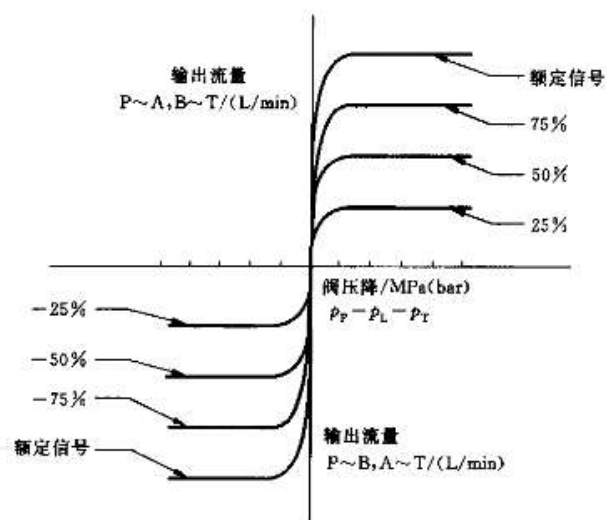
b) 输出流量-阀压降特性曲线

$$p_L = |p_A - p_B|$$

图9 不带内置式压力补偿的输出流量特性曲线



a) 输出流量-负载压差特性曲线



b) 输出流量-阀压降特性曲线

$$p_L = |p_A - p_B|$$

图 10 带内置式压力补偿的输出流量特性曲线

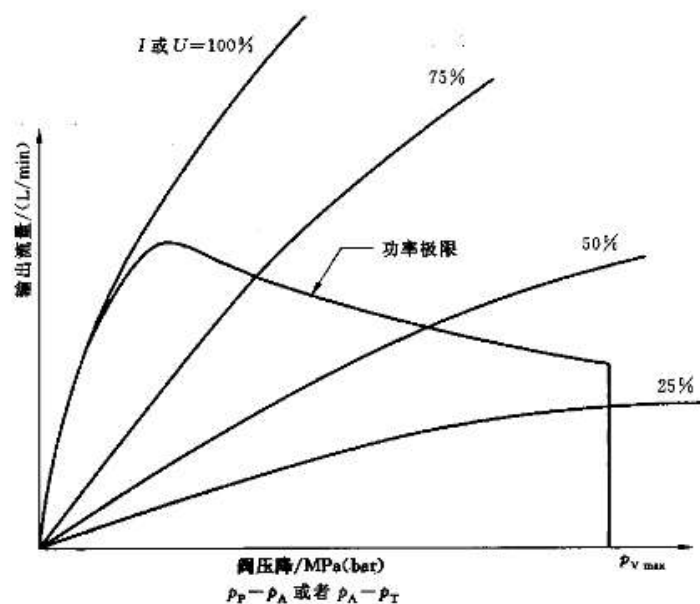
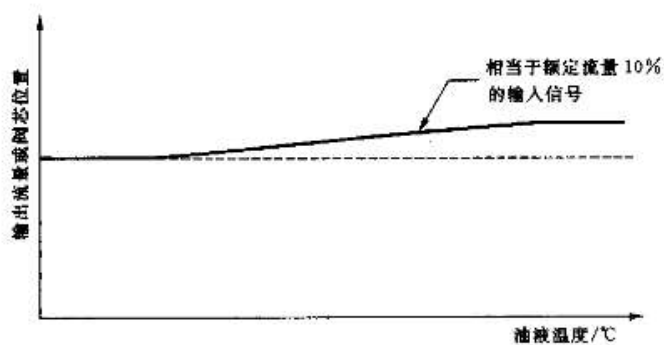
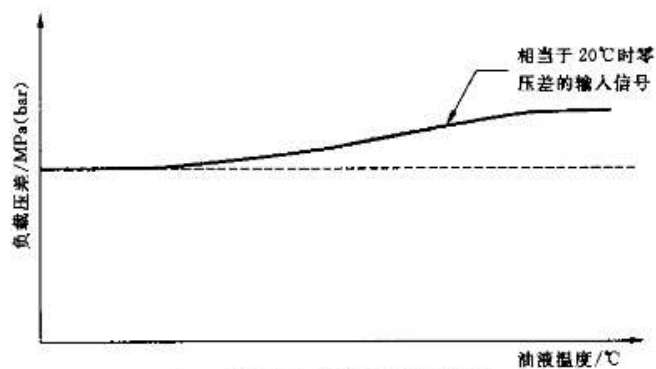


图 11 极限功率特性曲线



a) 输出流量-流体温度特性曲线



b) 负载压差-流体温度特性曲线

图 12 输出流量和压差-流体温度特性曲线

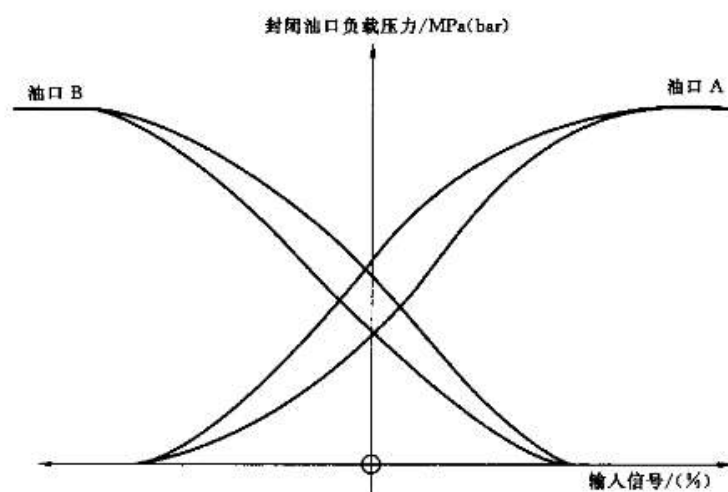


图 13 封闭油口负载压力-输入信号特性曲线

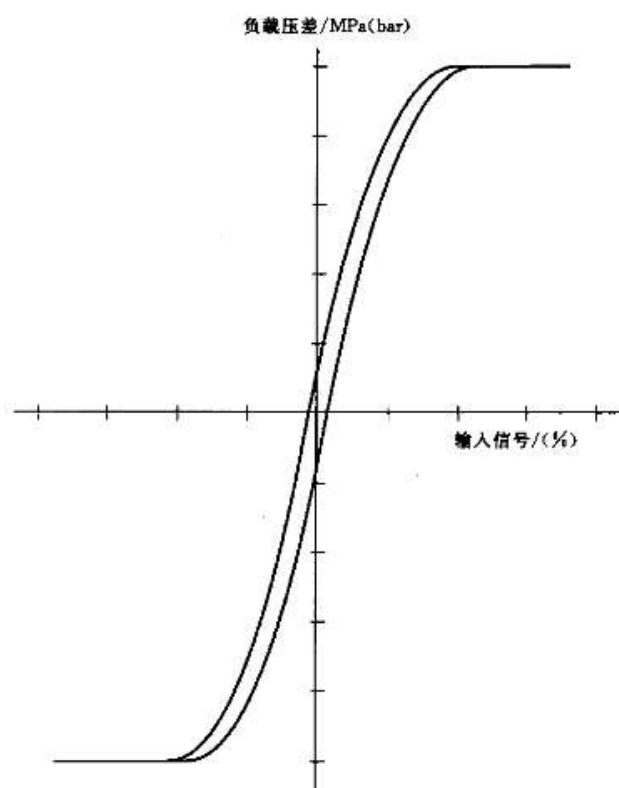


图 14 负载压差-输入信号特性曲线

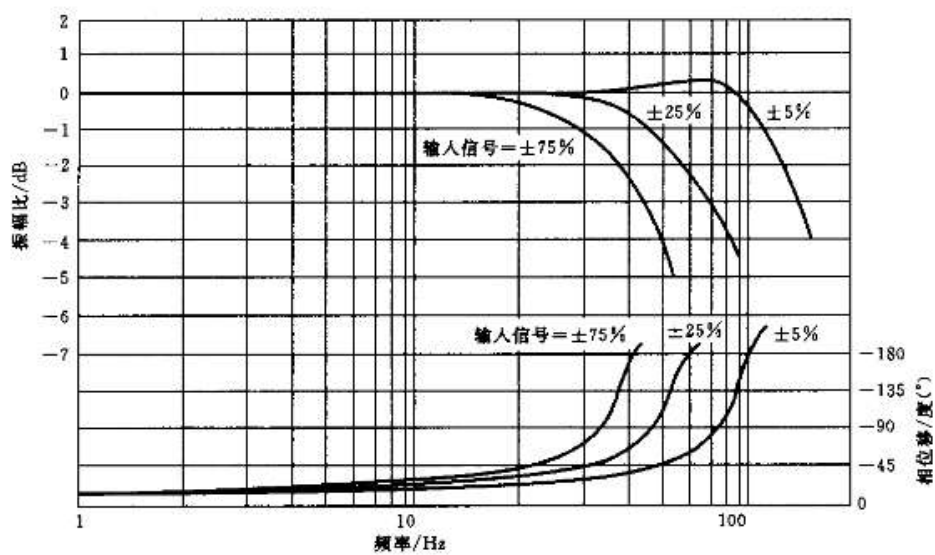
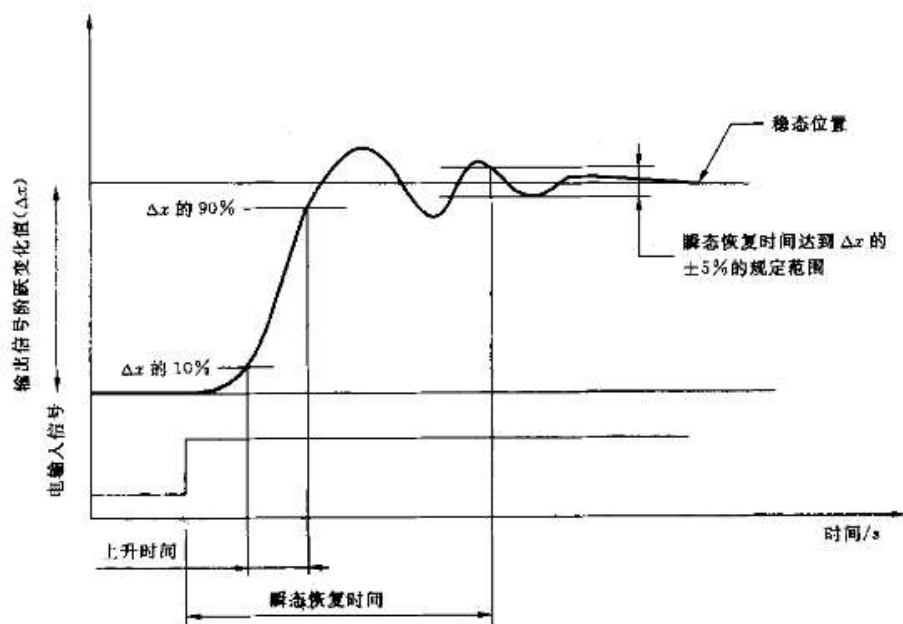
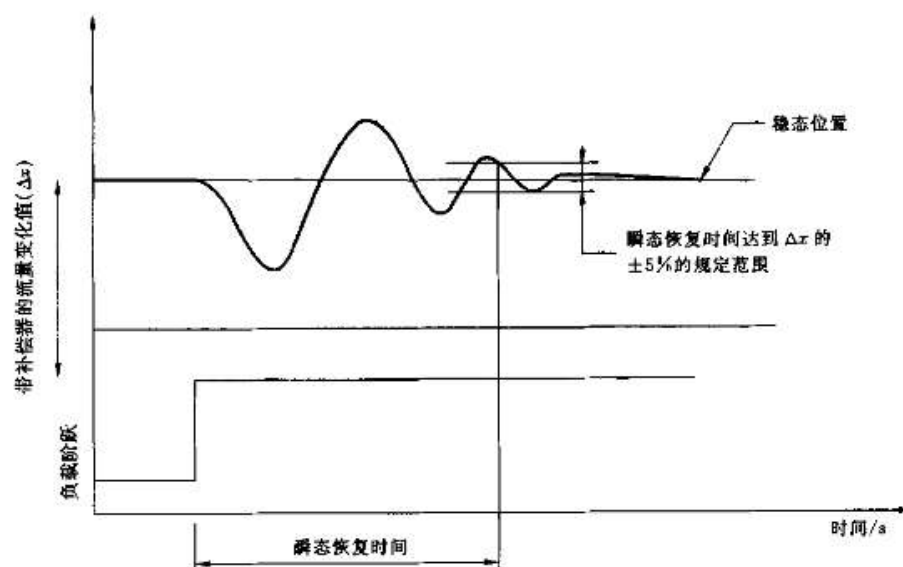


图 15 频率响应特性曲线



a) 对阶跃输入信号的瞬态响应



b) 带流量补偿时负载压力阶跃变化的瞬态响应

图 16 阶跃响应特性曲线

附 录 A
(规范性附录)
误差和测量等级

A.1 测量等级

根据要求的精确度,可按 A、B、C 三种测量等级中的一种进行试验。该测量等级已经得到有关各方认可。等级 A 和等级 B 的应用限于需要对性能进一步精确定义的特殊场合,这时试验需要更精确的仪器和方法,试验成本也会增高。

A.2 误差

采用按国家标准进行校准和比对的任何仪器和方法所进行的测试,其系统误差不应超过表 A.1 所给出的极限值。

表 A.1 校准时规定的测量仪表的允许系统误差

参 数		测 量 等 级		
		A	B	C
电流,输入信号	%	± 0.5	± 1.5	± 2.5
流量	%	± 0.5	± 1.5	± 2.5
压力	%	± 0.5	± 1.5	± 2.5
温度	$^{\circ}\text{C}$	± 0.5	± 1.0	± 2.0

注:表中给出的百分数范围,是指最大测试值而不是指仪器的最大读数。

附 录 B
(资料性附录)
试验实施指南

装有阀芯位置传感器的阀,可按照制造商的说明书进行调零。

可使用信号发生器提供一个连续变化的输入信号,采用 X-Y 记录仪来记录由压力传感器和流量传感器所显示的相应压力和流量值。另一个可选择的方法是用逐点法人工记录阀的流量或压力对不同输入信号的响应。

在本部分中指明,输入信号在半个试验周期内仅沿一个方向移动,而在另半个试验周期内仅沿另一方向移动,这样,可以显现阀的固有迟滞。使用自动信号发生器,可以防止信号的误转换。

对于稳态试验,假如输出变化率比记录仪的响应慢,可以采用由信号发生器产生的函数型式(例如正弦、斜坡等)。另外,如果适用,死区消除器需关闭。记录仪器应具有将传感器和阀输出信号振幅调整到适当尺度的功能,也包括使图中轨迹对中的方式。

除自动信号发生器之外,还需要提供带转换开关的手动控制输入信号装置,以便于阀和设备的设定。

自动信号发生器和手动控制器应能够提供正向的或反向的信号,而不需要借助于转换开关。试验时需记录每次电调节数据。

