



中华人民共和国国家标准

GB/T 15623.3—2012

液压传动 电调制液压控制阀 第3部分：压力控制阀试验方法

Hydraulic fluid power—Electrically modulated hydraulic control valves—
Part 3: Test methods for pressure control valves

(ISO 10770-3:2007, MOD)

2012-11-05 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和符号..... 1

4 标准试验条件 3

5 试验装置 3

6 准确度 6

7 无集成放大器阀的电气特性试验 7

8 溢流阀特性试验 8

9 减压阀特性试验..... 19

10 压力脉冲试验 27

11 结果的表达 27

12 标注说明(引用 GB/T 15623 的本部分) 28

附录 A (资料性附录) 试验实施指南..... 29

参考文献 30

前 言

GB/T 15623《液压传动 电调制液压控制阀》分为以下 3 个部分：

- 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。

本部分为 GB/T 15623 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 10770-3:2007《液压传动 电调制液压控制阀 第 3 部分：压力控制阀试验方法》(英文版)。

本部分与 ISO 10770-3:2007 的技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用等同采用国际标准的 GB/T 786.1 代替了 ISO 1219-1(见 3.3)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 3141 代替了 ISO 3448(见表 2、11.2.1)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 4728.1 代替了 IEC 60617(见 3.3)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 7631.2 代替了 ISO 6743-4(见表 2)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 14039 代替了 ISO 4406(见表 2)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 17446 代替了 ISO 5598(见 3.1)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 19934.1 代替了 ISO 10771-1(见第 10 章)；
- 用修改采用国际标准的 JB/T 7033 代替了 ISO 9110-1(见 6.1)。

——8.1.2.2 的 a)、8.1.2.3 的 a)、9.1.2.2 的 a)和 9.1.2.4 的 a)中，国际标准要求耐压试验持续 30 s，本部分增加为 5 min。

——表 2 中，国际标准规定环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，本部分放宽为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；本部分还增加对试验油液温度的要求。

——8.2.2 和 9.2.2 中，将国际标准规定的“其压力腔容积至少是额定流量的 1.5%”改为“其压力腔容积应不大于额定流量的 1.5%的油液体积”。

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(SAC/TC 3)归口。

本部分负责起草单位：浙江大学。

本部分参加起草单位：大连思科液压自动化有限公司、中国船舶重工集团公司第 707 研究所九江分部、北京华德液压工业集团有限责任公司、浙江临海海宏集团有限公司、济南液压泵有限责任公司、上海立新液压有限公司。

本部分主要起草人：丁凡、范毓润、林广、张金喜、赵玉刚、康青、彭刚、陈益标、徐福刚、叶继英、朱剑根。

引 言

GB/T 15623.3 介绍了电调制溢流阀和减压阀的试验方法,这些电调制液压控制阀的作用是通过设定的电信号来阻止系统压力超过设定值。

溢流阀用来控制容腔内的压力值,当压力超过设定压力时,通过溢流来降低压力,溢出的液压油一般直接流回油箱。

减压阀用来控制容腔内的压力值,当压力超过设定压力时,通过限制流入的流量来降低压力。

系统的设计和阀的作用决定了阀的类型的选择。

制定 GB/T 15623.3 的目的是提高阀试验的规范性,进而提高所记录阀性能数据的一致性,以便这些数据用于系统设计,而不必考虑数据的来源。

液压传动 电调制液压控制阀

第3部分:压力控制阀试验方法

1 范围

GB/T 15623 的本部分规定了电调制压力控制阀性能特性的试验方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 786.1 流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号(ISO 1219-1)

GB/T 3141—1994 工业液体润滑剂 ISO 粘度分类(ISO 3448:1992)

GB/T 4728.1 电气简图用图形符号 第1部分:一般要求(IEC 60617)

GB/T 7631.2 润滑剂、工业用油和相关产品(L类)的分类 第2部分:H组(液压系统)(ISO 6743-4)

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

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇(ISO 5598)

GB/T 19934.1 液压传动 金属承压壳体的疲劳压力试验 第1部分:试验方法(ISO 10771-1)

JB/T 7033—2007 液压传动 测量技术通则(ISO 9110-1:1990)

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

GB/T 17446 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

电调制压力控制阀 electrically modulated pressure control valve

将系统压力限制在一定范围内,使其与输入电信号成比例、连续变化的阀。

3.1.2

电调制溢流阀 electrically modulated relief valve

通过将过多流量排入油箱来控制进口压力的电调制压力控制阀。

3.1.3

电调制减压阀 electrically modulated reducing valve

通过限制进口流量来控制出口压力稳定的电调制压力控制阀。

3.1.4

控制压力 controlled pressure

被试溢流阀进、出口之间的压差或被试减压阀的出口压力。

3.1.5

控制压力容积 controlled pressure volume

连接溢流阀进口或减压阀出口处的试验设备内总的流体体积。

3.1.6

压力损失 headloss

通过阀的最小压降。

注：压力损失常用压力-流量曲线来表示。

3.1.7

参考压力 reference pressure

额定流量的 10% 时测得的控制压力。

3.2 符号

所用符号如表 1 所示。

表 1 符号

参 量	符 号	单 位
电感	L_c	H
绝缘电阻	R_i	Ω
电阻	R_c	Ω
附加试验电阻	R	Ω
振幅	—	%(最大输入信号的百分数)
颤振频率	—	Hz
输入信号	I 或 U	A 或 V
额定信号	I_N 或 U_N	A 或 V
读出电流	I_{READ}	A
输出流量	q	L/min
额定流量	q_N	L/min
压力增益	$K_p = (\Delta p / \Delta I \text{ 或 } \Delta p / \Delta U)$	MPa(bar)/ A 或 MPa(bar)/V
滞环	—	%(最大输出的百分数)
内泄漏	q_l	mL/min
供油压力	p_P	MPa(bar)
回油压力	p_T	MPa(bar)
控制压力	p_C	MPa(bar)
阀压降	$p_v = p_P - p_T$	MPa(bar)
额定压力	p_{rated}	MPa(bar)
阈值	—	%(最大输入的百分数)
幅值(比率)	—	dB
相位移	—	(°)
温度	—	℃
频率	f	Hz
时间	t	s
时间常数	t_c	s

3.3 图形符号

GB/T 15623 的本部分所用图形符号符合 GB/T 786.1 和 GB/T 4728.1。

4 标准试验条件

除非另有说明,试验应在表 2 所给定的标准情况下进行。

表 2 标准试验条件

参 变 量	条 件
环境温度	20 ℃±10 ℃
过滤	固体颗粒污染应按 GB/T 14039 规定的代号表示,应符合制造商推荐值
流体类型	矿物液压油(如符合 GB/T 7631.2 的 L-HL 或其他适于阀工作的流体)
流体黏度	阀进口处为 32 cSt±8 cSt
黏度等级	符合 GB /T 3141—1994 规定的 VG32 或 VG46
油液温度	在阀进口处 40 ℃±6 ℃
供油压力	试验要求压力±2.5%
回油压力	应符合制造商推荐值

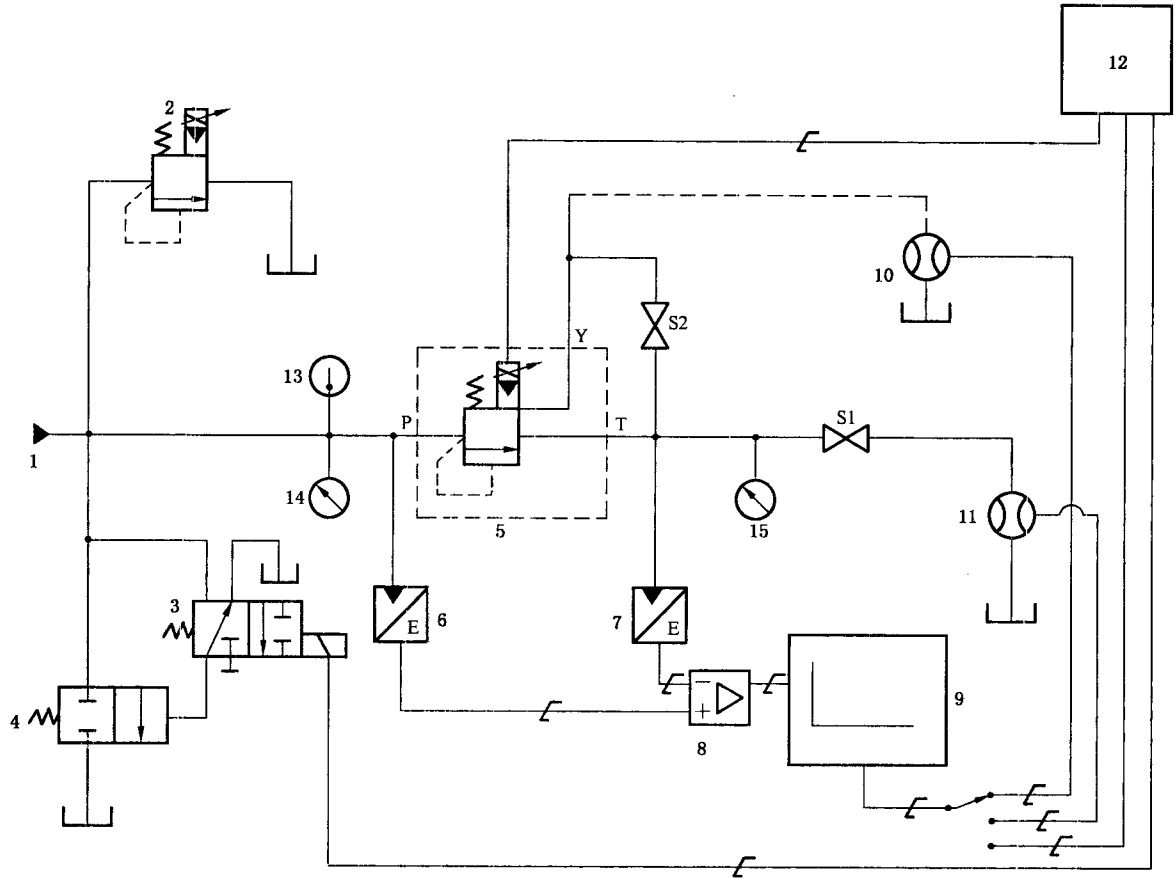
5 试验装置

安全提示:试验过程应充分考虑人员和设备的安全。

对所有类型阀的试验,应使用符合图 1~图 3 要求的试验装置。

图 1~图 3 所示是完成试验所需的最简单要求。在如图 1~图 3 所示的试验回路中,没有包括为防止任意元件出现意外故障所需的安全装置。试验采用图 1~图 3 所示回路时,应按下列要求实施:

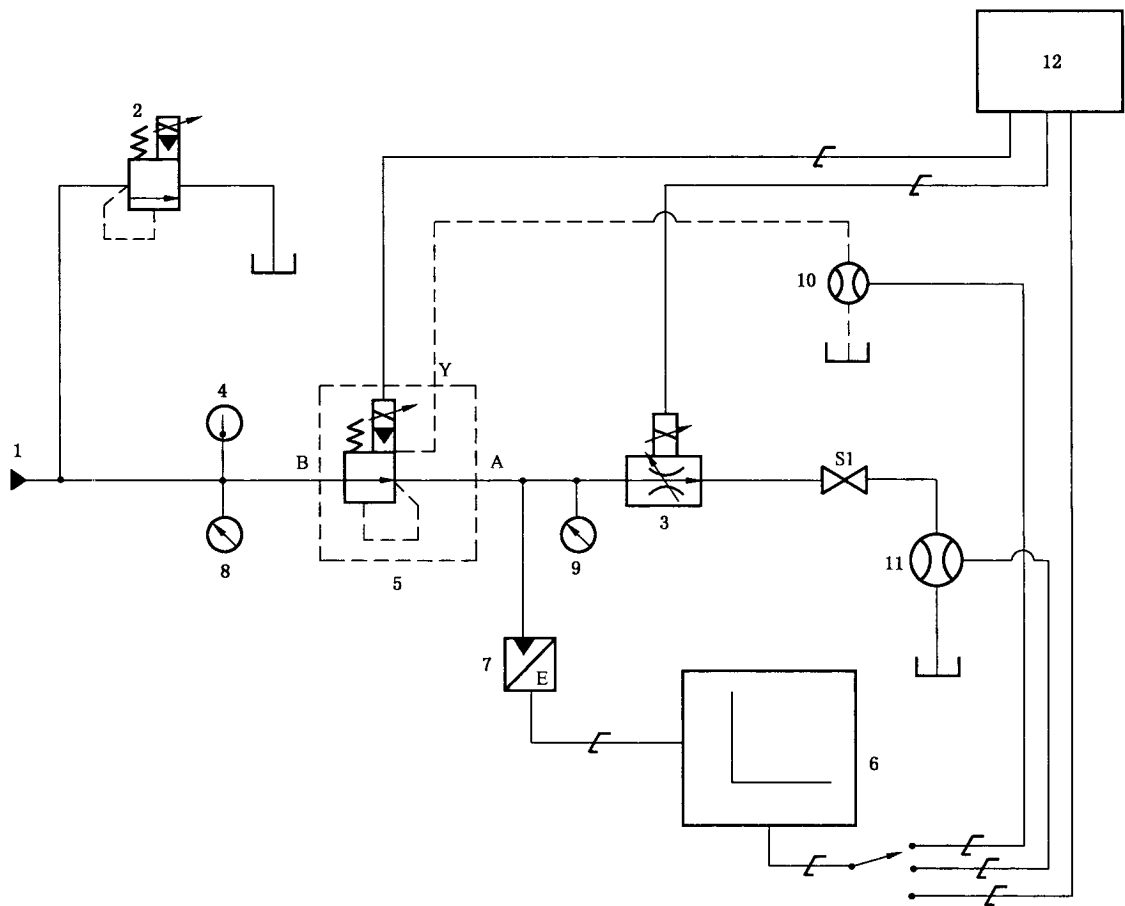
- a) 试验实施指南参见附录 A;
- b) 对各项试验可以建立分开的回路,因为排除了经已关闭阀泄漏的可能性,所以可提高试验结果的准确度;
- c) 阀的液压性能试验需要用到放大器,输入信号被提供给放大器,而不是直接作用于阀;而电气试验中,信号直接作用于阀;
- d) 液压阀宜与制造商所推荐的放大器配合使用,否则宜记录放大器的详细工作参数(如调制信号的脉宽、振动频率和幅值);
- e) 在脉宽调制的启闭过程中,要记录放大器的供电电压、幅值和施加于被试阀上的电信号;
- f) 电气试验设备和传感器的频宽或自振频率宜至少高于最高试验频率的 10 倍;
- g) 应选择流量计 10,使其对 Y 口压力的影响可以忽略。



说明:

- | | |
|-------------|------------|
| 1——油源; | 11——流量计; |
| 2——系统溢流阀; | 12——信号发生器; |
| 3——卸荷阀的先导阀; | 13——温度计; |
| 4——卸荷阀; | 14——压力表; |
| 5——被试阀; | 15——压力表。 |
| 6——压力传感器; | S1——截止阀; |
| 7——压力传感器; | S2——截止阀; |
| 8——差动放大器; | P——进油口; |
| 9——数据采集; | T——回油口; |
| 10——流量计; | Y——先导泄油口。 |

图 1 溢流阀试验回路

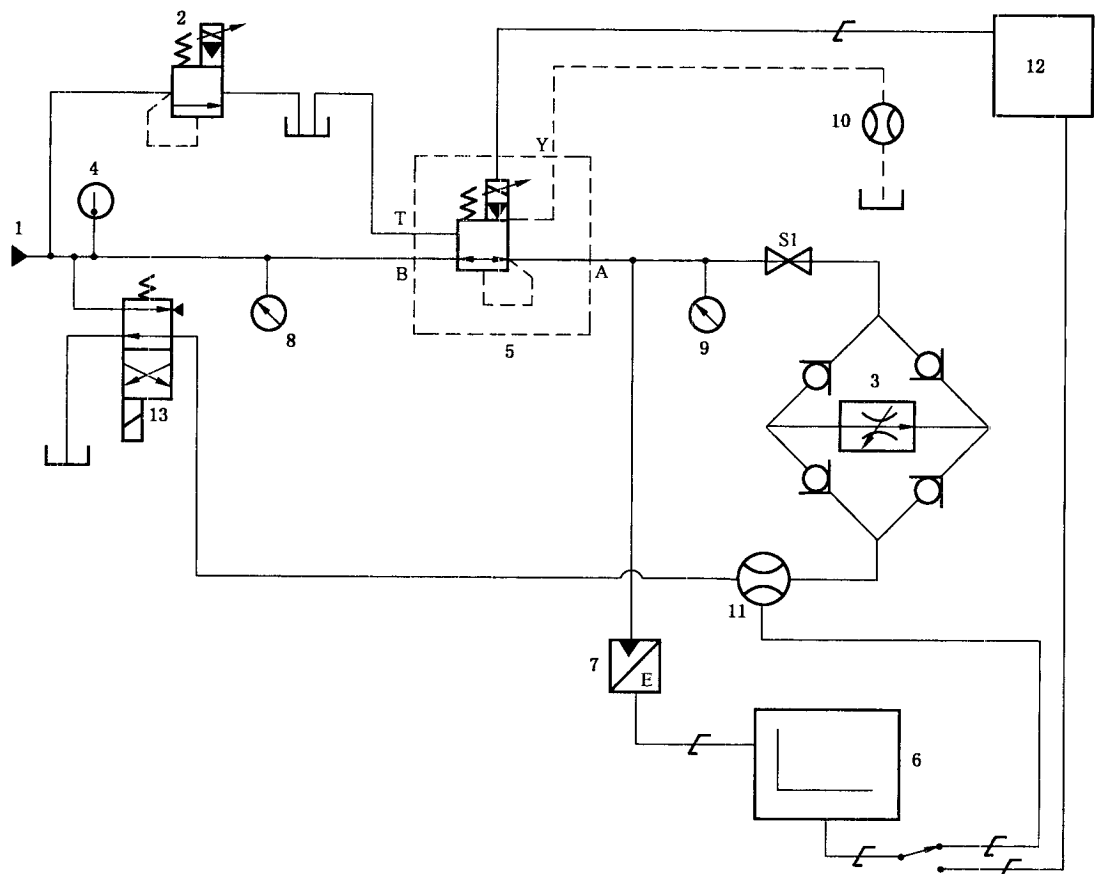


说明：

- 1——油源；
- 2——系统溢流阀；
- 3——流量控制阀；
- 4——温度计；
- 5——被试阀；
- 6——数据采集；
- 7——压力传感器；
- 8——压力表；

- 9——压力表；
- 10——流量计；
- 11——流量计；
- 12——信号发生器。
- A——压力控制口(出口二次压力)；
- B——压力输入口(进口一次压力)；
- S1——截止阀；
- Y——先导泄油口。

图 2 减压阀试验回路



说明：

- 1——油源；
- 2——系统溢流阀；
- 3——流量控制阀；
- 4——温度计；
- 5——被试阀；
- 6——数据采集；
- 7——压力传感器；
- 8——压力表；
- 9——压力表；

- 10——流量计；
- 11——流量计；
- 12——信号发生器；
- 13——方向阀。
- A——压力控制口(出口二次压力)；
- B——压力输入口(进口一次压力)；
- S1——截止阀；
- Y——先导泄油口。

图 3 反向溢流的减压阀试验回路

6 准确度

6.1 仪表准确度

仪表准确度应符合 JB/T 7033—2007 的规定,在 B 级范围之内:

- a) 电阻:实际量度的 $\pm 2\%$;
- b) 压力:被试阀额定压力的 $\pm 1\%$;
- c) 温度:环境温度的 $\pm 2\%$;
- d) 流量:被试阀额定流量的 $\pm 2.5\%$;
- e) 控制信号:达到额定压力时输入电信号的 $\pm 1.5\%$ 。

6.2 动态范围

为了试验动态特性,应保证压力传感器、放大器和记录装置的阻尼、衰减、相位移效应对所测的压力信号不会产生明显的影响。

7 无集成放大器阀的电气特性试验

7.1 概述

应根据需要,在完成后续试验前对 7.2~7.4 中无集成放大器阀进行试验。

注: 7.2~7.4 的试验仅适用于直接用电流驱动的阀。

7.2 线圈电阻

7.2.1 线圈电阻(冷态)

- a) 将未通电的阀放置在环境温度下至少 2 h;
- b) 测量并记录阀线圈两端电阻值。

7.2.2 线圈电阻(热态)

- a) 将阀安装在试验底板上,在无流量通过的状态下通电,直至线圈稳定在最高工作温度;
- b) 在阀断电后 1 s 内,测量并记录线圈两端之间的电阻值。

7.3 线圈电感(选测)

该试验方法所测得的电感值不能代表线圈电感的大小,仅在比较时作参考。

按如下步骤进行试验:

- a) 接入一个能提供线圈额定电流的直流电源;
- b) 试验过程中,保持衔铁静止在工作行程的 50%处;
- c) 用示波器或类似装置来观察线圈电流;
- d) 调整电压值,使线圈的稳定电流与额定电流相等;
- e) 关闭电源再打开,记录电流的瞬态特性;
- f) 确定线圈的时间常数 t_c (如图 4)并通过式(1)计算电感值 L_c 。

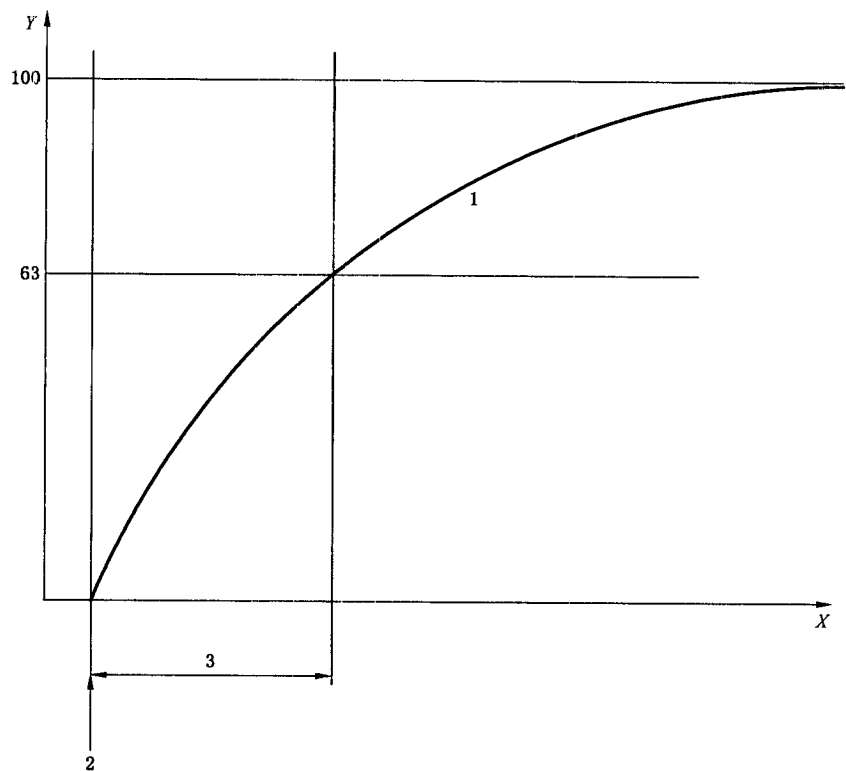
$$L_c = R_c t_c \dots\dots\dots (1)$$

7.4 绝缘电阻

按下列步骤确定线圈的绝缘电阻:

- a) 如果是湿式的,试验前要将阀浸在油液中;
- b) 将线圈两端连在一起,并在此连结点与阀体之间施加 500 V 直流电压,持续 15 s;
- c) 用适当的绝缘电阻检测器测量并记录绝缘电阻 R_i ;
- d) 对于带电流示值读数(I_{READ})的检测器,用式(2)计算绝缘电阻值。

$$R_i = \frac{500}{I_{READ}} \dots\dots\dots (2)$$



说明：

X —— 时间；

Y —— 电流(用百分数表示)。

1 —— 直流电曲线；

2 —— 初始点；

3 —— 时间常数 t_c 。

图 4 线圈电感测量曲线

8 溢流阀特性试验

8.1 稳态特性试验

8.1.1 概述

宜注意稳态性能试验不要受其动态特性影响。

试验应按以下步骤进行：

- a) 可选择的耐压试验(8.1.2)。在型式试验时必做。
- b) 内泄漏特性试验(8.1.3)。
- c) 恒定流量下压力-输入信号特性试验(8.1.4 和 8.1.5)：
 - 压力-信号的特性；
 - 压力-信号的线性度；
 - 滞环现象(相关输入信号变化)；

——输入信号死区；

——阈值。

d) 压力-流量特性试验(8.1.6)：

——压力-流量特性；

——滞环现象(相关流量变化)；

——最低工作压力；

——阀的压力损失。

e) 压力-油温特性试验(8.1.7)。

8.1.2 耐压试验(可选择的)

8.1.2.1 概述

在进行后续试验之前应进行耐压试验,以检测阀的强度及完整性。

8.1.2.2 P 口试验

试验按以下步骤进行：

a) 使被试阀 P 口处于额定压力下,并保持至少 5 min。

b) 在试验过程中,检查阀有无明显的外泄漏。

c) 试验后,检查阀是否有明显的永久性变形。

d) 记录阀的耐压试验情况。

8.1.2.3 T 口试验

试验按以下步骤进行：

a) 使被试阀的回油口为其 T 口额定压力的 1.3 倍,并保持至少 5 min。

b) 在试验过程中,检查阀有无明显外泄漏。

c) 试验后,检查阀是否有明显的永久变形。

d) 记录阀的耐压试验情况。

8.1.2.4 先导泄油口

不对任何外部先导泄油口做耐压试验。

8.1.3 内泄漏特性试验

8.1.3.1 概述

在系统压力为被试阀溢流压力的 80% 时,做内泄漏试验,以确定先导溢油量和其他泄漏量。

8.1.3.2 试验回路

内泄漏特性的液压试验回路如图 1 所示,此时打开阀 S2,关闭阀 S1。

用流量计 10 测量并记录先导溢油量和其他泄漏量。

8.1.3.3 设定

使油源能提供的试验流量至少要大于阀的额定流量的 10%。

使阀 2 输入信号为最大时,所控制的系统压力也不要超过被试阀的额定压力。

使被试阀的输入信号为 0。

8.1.3.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 按 8.1.3.3 中所定义来调节阀 2 的输入信号,再调节被试阀的输入信号使之达到其额定压力的 25%。
- b) 缓慢减小阀 2 的输入信号直至被试阀设定溢流压力的 80%。
- c) 测量并记录总的泄漏量。
- d) 减小阀 2 的输入信号至最小,然后缓慢增加输入信号直到进口压力为被试阀设定溢流压力的 80%。
- e) 测量并记录总的泄漏量。
- f) 在被试阀压力为额定压力时,重复步骤 8.1.3.4 的 a)~e)。

8.1.4 在恒定流量下,被试阀的控制压力-输入信号特性试验

8.1.4.1 概述

试验目的是确定被试阀的控制压力-输入信号特性曲线。

8.1.4.2 试验回路

液压试验回路如图 1 所示,此时打开阀 S1,关闭阀 S2。

用流量计 11 测量通过被试阀的流量并记录结果。

8.1.4.3 设定

选择合适的绘图或记录仪,使其 X 轴能记录从 0 至最大输入信号范围,Y 轴能记录从 0 至额定压力以上范围(见图 5)。

选择一个能够发生三角波的信号发生器,三角波应有 0 到最大输入信号的幅值范围,有 0.05 Hz 或更低的频率调整范围。

将电信号接入试验回路的阀 2,以便其在试验过程中关闭。

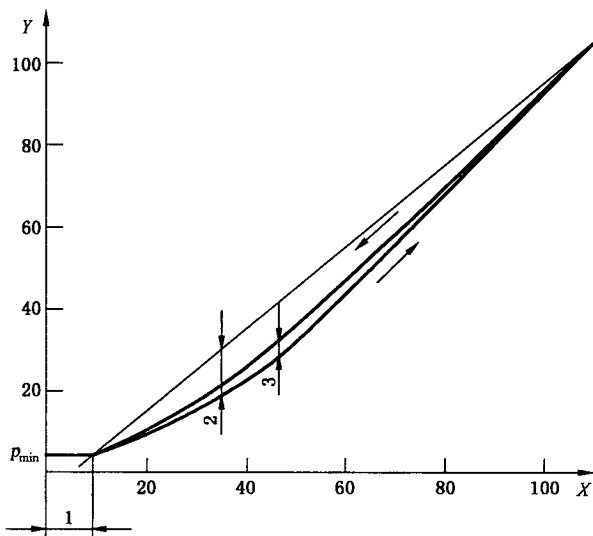
8.1.4.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 使被试阀的流量为额定流量的 10%,试验时,注意阀的流量变化不要超过额定流量的 2%。
注:如果需要可用自动控制流量的方法。
- b) 使输入信号在最小值和最大值之间循环几次,检查被控压力是否在记录仪的 Y 轴范围内。
- c) 保证每次循环时不受动态影响,输入信号完成至少一个周期循环。
- d) 记录一个循环周期内阀的输入信号和被控压力。
- e) 当流量为被试阀额定流量的 50%时,重复步骤 8.1.4.4 的 a)~d)。
- f) 当流量为被试阀的额定流量时,重复步骤 8.1.4.4 的 a)~d)。

对于被试阀,应确定以下方面:

- 在各种调定的流量情况下,其额定信号时的输出压力;
- 控制压力的线性度, $p_{\text{error}}/(p_{\text{rated}} - p_{\text{min}})$,用百分数表示;
- 改变输入信号方向时被控压力的滞环现象;
- 输入信号的死区。



说明：

X ——输入信号(用百分数表示)；

Y ——压力(用百分数表示)。

1 ——死区；

2 —— p_{error} 线性度误差；

3 ——滞环；

p_{min} ——最低控制压力。

图 5 压力-输入信号特性曲线

8.1.5 阈值试验

8.1.5.1 概述

试验的目的是确定在反向斜坡信号输入下被试阀的响应灵敏度。

8.1.5.2 试验回路

阈值试验的液压试验回路如图 1 所示,此时打开阀 S1,关闭阀 S2。

用流量计 11 测量通过被试阀的流量并记录结果。

8.1.5.3 设定

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录 0~10% 的额定输入信号, Y 轴能记录从 0 至额定压力以上(如图 5)。

设定信号发生器产生 0.1 Hz 三角波并叠加在一直流偏置上。

将电信号接入试验回路的阀 2,以便其在试验过程中关闭。

8.1.5.4 步骤

试验按以下步骤进行：

a) 调节直流偏置量使阀的压力为额定压力的 25%,使输出三角波幅值最小以确保被控压力

不变。

- b) 缓慢增加信号发生器输出的三角波幅值直至被控压力有变化。
- c) 记录一个完整信号周期内被控压力的变化和输入信号。
- d) 使平均压力为额定压力的 50% 时,重复步骤 8.1.5.4 的 a)~c)。
- e) 使平均压力为额定压力的 75% 时,重复步骤 8.1.5.4 的 a)~c)。

8.1.6 在恒定输入信号下,被试阀的压力-流量特性试验

8.1.6.1 概述

本项试验的目的是确定电信号值不变的情况下,通过被试阀的流量变化,对控制压力的影响。

8.1.6.2 试验回路

液压试验回路如图 1 所示,此时打开阀 S1,关闭阀 S2。

用流量计 11 测量被试阀的流量并记录结果。

8.1.6.3 准备

选择合适的绘图仪和记录仪,使其 X 轴能记录从 0 至最大额定流量范围,Y 轴能记录从 0 至额定压力以上范围(见图 6)。

调节信号发生器所产生的三角波,其幅值能从 0 至额定流量。其频率为 0.05 Hz。

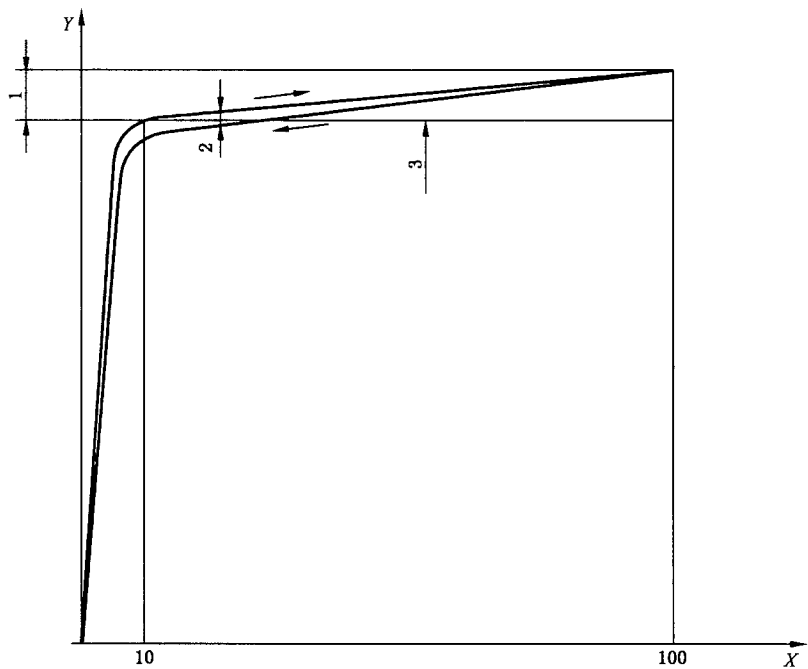
8.1.6.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 调整阀的流量为额定流量的 10%,输入电信号给被试阀使其为额定压力的 25%。
- b) 保证在一个周期内不受动态影响。
- c) 使信号发生器能产生至少一个周期的循环,记录一个周期内的控制压力和流量大小。
- d) 使被试阀在 50% 额定压力,额定流量的 10% 时,重复步骤 8.1.6.4 的 b)~c)。
- e) 使被试阀在 75% 额定压力,额定流量的 10% 时,重复步骤 8.1.6.4 的 b)~c)。
- f) 使被试阀在额定压力,额定流量的 10% 时,重复步骤 8.1.6.4 的 b)~c)。
- g) 输入信号为 0,流量为额定流量的 10% 时,重复步骤 8.1.6.4 的 b)~c)。如果驱动放大器有开、关功能,则关闭放大器,重复步骤 8.1.6.4 的 b)~c),可测得被试阀的最低压力(压力损失)。

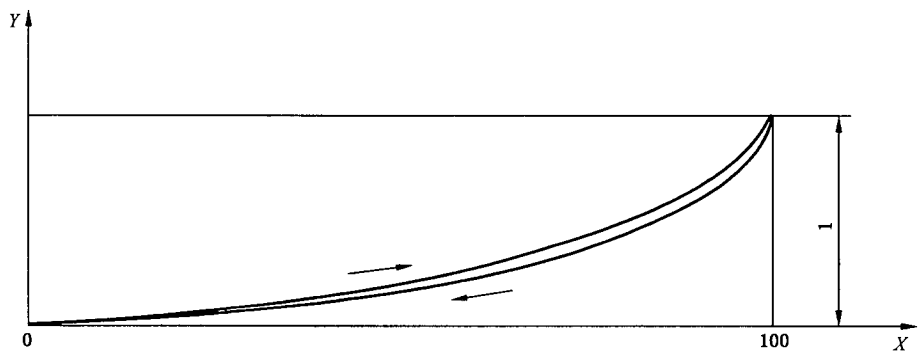
对于被试阀,要确定以下方面:

- 压力-流量特性曲线(压力启闭特性曲线)(见图 6);
- 流量方向改变所产生的滞环曲线(见图 6);
- 流量-最低压力曲线或压力损失曲线(见图 7)。



说明：
X —— 流量(用百分数表示)；
Y —— 压力。
1 —— 压力偏差；
2 —— 滞环；
3 —— 调定压力。

图 6 压力-流量特性曲线



说明：
X —— 流量(用百分数表示)；
Y —— 压力。
1 —— 压力损失。

图 7 溢流阀压力损失曲线

8.1.7 被试阀的压力-油液温度特性试验

8.1.7.1 概述

试验目的是测量控制压力随温度的变化情况。

8.1.7.2 试验回路

液压试验回路按图 1 所示,此时打开阀 S1,关闭阀 S2。

8.1.7.3 准备

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴显示温度变化范围(20 ℃~70 ℃),Y 轴显示从 0 至额定压力以上范围(见图 3)。

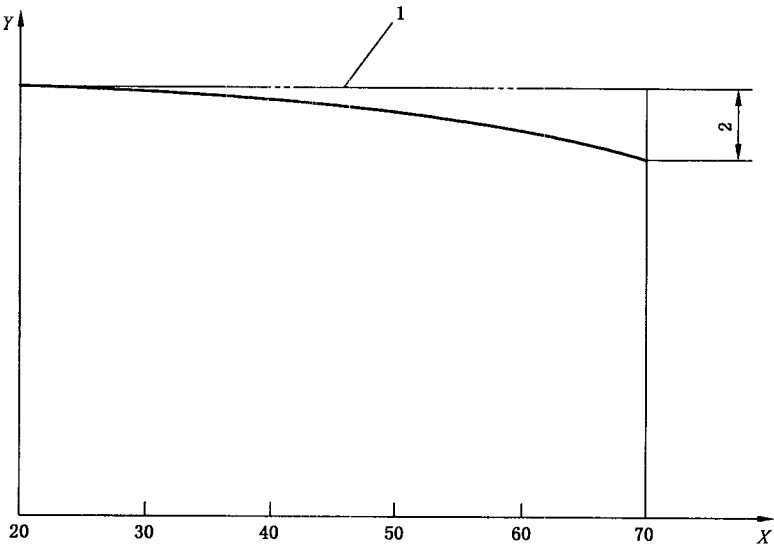
将输入信号接入阀 2,以便其在试验过程中关闭。

采取措施,避免阀内进入空气。

8.1.7.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 试验之前将被试阀和放大器置于 20 ℃ 环境下至少 2 h。
- b) 调节使通过被试阀流量为额定流量的 50%,其压力为额定压力的 50%。在试验过程中,被试阀的流量变化不应超过额定流量的 0.5%。
- c) 测量并记录控制压力、进油油液温度和回油油液温度。
- d) 调整加热与冷却装置,使油液温度能以 10 ℃/h 的速率上升。
- e) 连续记录 8.1.7.4 的 c) 中所示的参数,直至温度达到 70 ℃。



说明:
X —— 温度(℃);
Y —— 压力。
1 —— 设定压力;
2 —— 压力变化。

图 8 压力-温度特性曲线

8.2 动态试验

8.2.1 概述

由 8.2.3、8.2.4、8.2.5 的试验确定阀的阶跃响应特性和频率响应特性。

8.2.2 试验回路

溢流阀的动态试验可能随着其被控压力腔容积和进、出阀口管路直径的不同而变化。其压力腔容积应不大于额定流量的 1.5% 的油液体积，其回路配管应符合表 3 中要求。

注：压力与试验流量之间相互影响，明显增加了被试阀的阻尼效应。应尽可能在试验压力从最低到最高变化中，使其减小的流量少于试验流量的 2%。其减小的流量是由于试验回路中阀的泄漏或泵的内泄漏所造成的。

表 3 动态试验中进出阀口的最小管径

额定流量/(L/min)	内径/mm
25	8
50	10
100	12
200	16
400	24
800	32
1 600	40

8.2.3 阶跃响应特性(改变输入信号)

8.2.3.1 试验回路

液压试验回路按图 1 所示，此时打开阀 S1，关闭阀 S2。
用流量计 11 测量流量并记录结果。

8.2.3.2 准备

选择合适的示波器或其他仪器应能记录被试阀控制压力和输入信号随时间的变化(见图 9)。
调整信号发生器产生一个方波，其方波周期的持续时间足以使控制压力稳定。

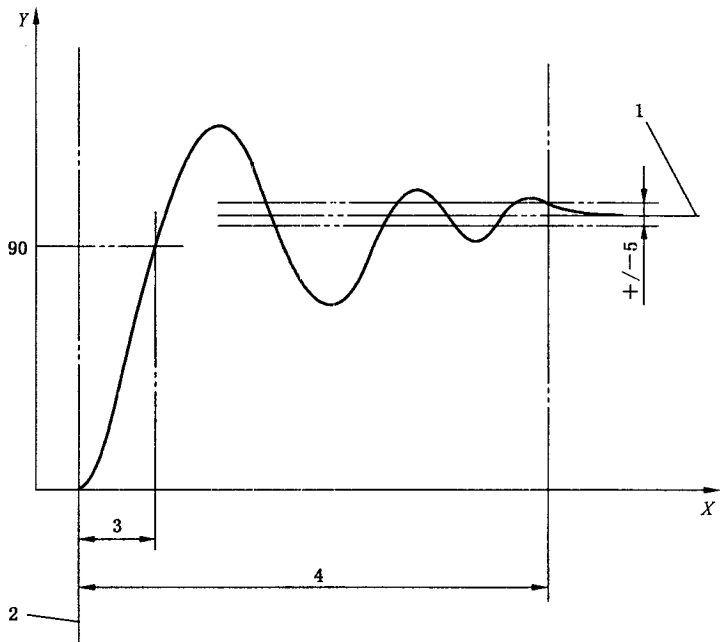
8.2.3.3 步骤

试验按以下步骤进行：

- a) 调节泵流量使通过被试阀的流量为额定流量的 50%。
- b) 调节信号发生器，使控制压力在表 4 第 1 试验组号的开始、结束值之间上下阶跃。
- c) 信号发生器能产生至少一个周期信号。
- d) 记录控制压力、控制压力容积和信号对被试阀的双向阶跃响应随时间变化过程。
- e) 保证记录窗口所显示完整的响应过程。
- f) 使控制压力按表 4 中第 2 试验组号、第 3 试验组号所给定值，重复步骤 8.2.3.3 的 a)~e)。

表 4 阶跃响应试验的试验压力

试验组号	试验压力(用额定压力的百分数表示)	
	开始/%	结束/%
1	0	100
	100	0
2	10	90
	90	10
3	25	75
	75	25



说明：

X——时间；

Y——压力(用百分数表示)。

1——稳态压力；

2——初始点；

3——响应时间；

4——调整时间。

图 9 输入信号变化-阶跃响应特性曲线

8.2.4 阶跃响应特性(改变流量)

8.2.4.1 试验回路

如图 1 所示液压回路进行试验,打开阀 S1,关闭阀 S2。

记录流量计 11 的流量。

阀 4 的响应时间应小于被试阀被测响应时间的 30%。

8.2.4.2 准备

选择合适的示波器或其他仪器应能记录随时间变化的压力传感器输出信号(见图 10)。
调整信号发生器产生一个方波,其方波周期的持续时间足以使控制压力稳定。

8.2.4.3 步骤

- 试验按以下步骤进行:
- a) 调节被试阀的流量为其额定流量的 10%。
 - b) 调节输入信号使达到额定压力的 50%。
 - c) 通过调节阀 4 使通过被试阀的阶跃流量在 10%~100% 额定流量之间变化,在正、负阶跃信号输入下,记录控制压力随时间变化。
 - d) 保证记录窗口所显示完整的响应过程。
 - e) 使被试阀的压力为额定压力时,重复步骤 8.2.4.3 的 a)~d)。

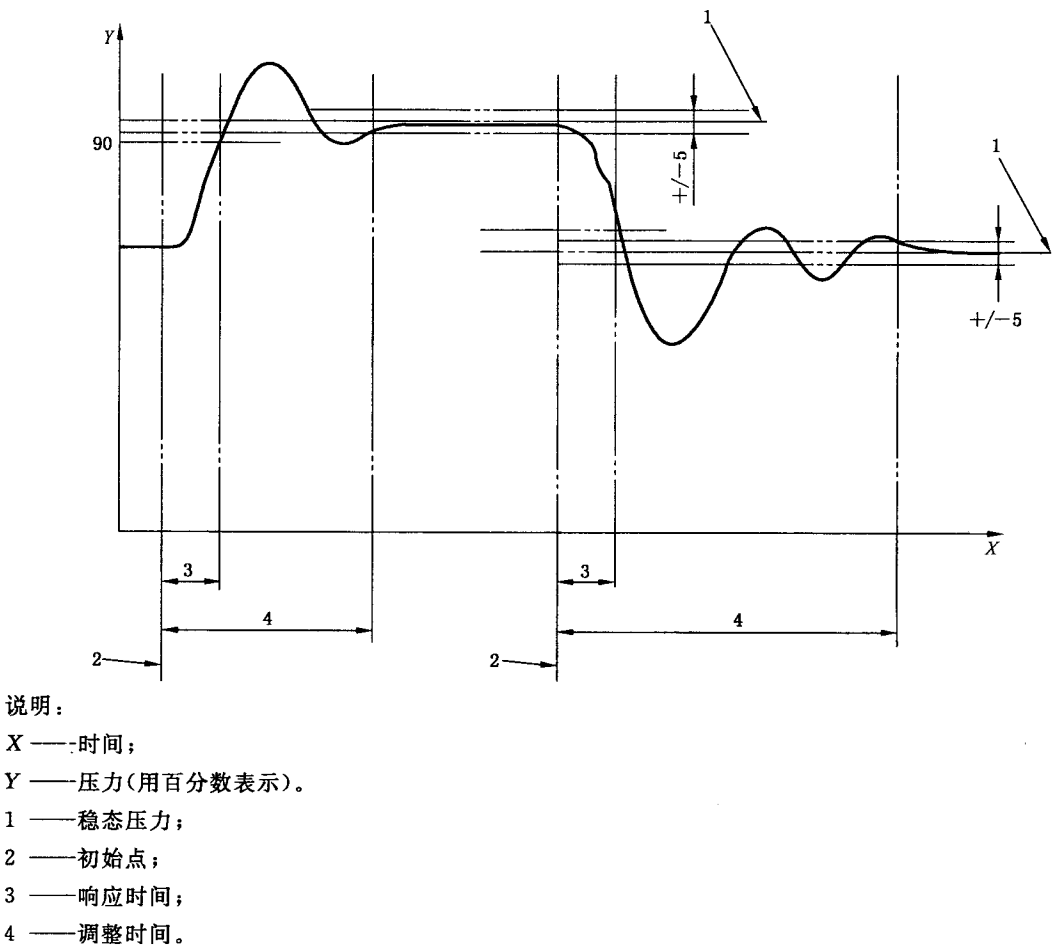


图 10 溢流阀阶跃响应特性曲线

8.2.5 频率响应特性

8.2.5.1 概述

试验为了测得被试阀控制压力对输入信号的频率响应特性。

8.2.5.2 试验回路

液压试验回路如图 1 和表 3 所示,此时打开阀 S1,关闭阀 S2。

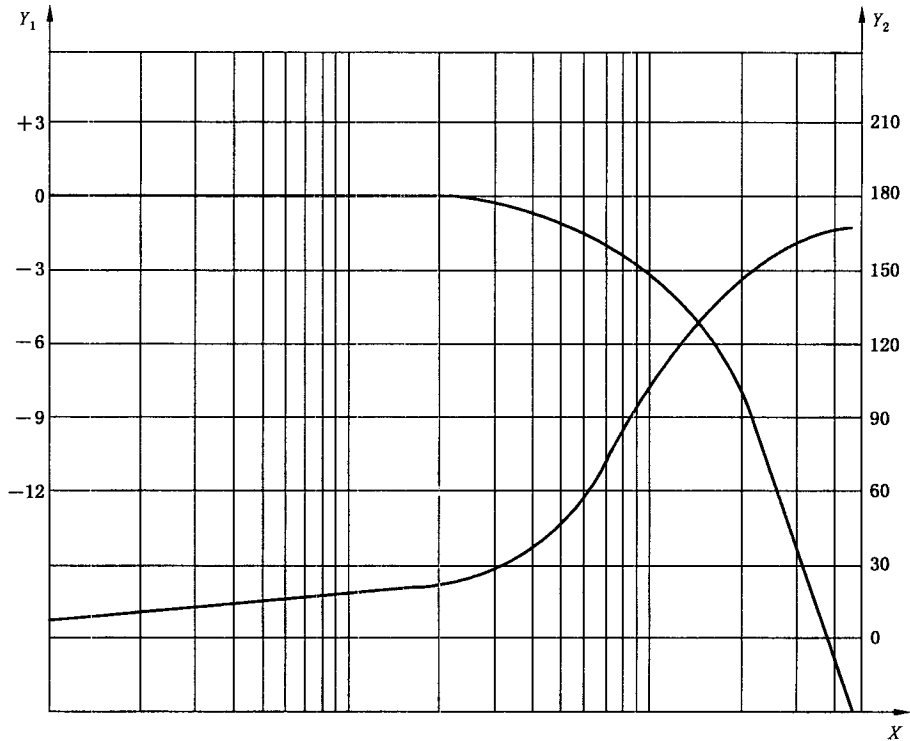
8.2.5.3 准备

选择合适的频响分析仪或其他仪器应能测量正弦信号之间的幅值比和相位移。
连接好设备应能测量被试阀输入信号和控制压力之间的响应过程(见图 11)。

8.2.5.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 调节油源流量为额定流量的 10%,施加直流偏置量给被试阀作为输入信号,使其压力达到额定压力的 50%。
- b) 在直流偏置基础上叠加一个正弦信号,在稳态条件下,调节正弦信号幅值,使控制压力幅值为额定压力的 $\pm 5\%$ 。按 8.1.4 中试验方法确定。调节频率测量范围,使控制压力与输入信号二者之间的相位滞后,其范围在最低频率时小于 10° ,最高频率时高于 90° 。
- c) 在同样的频率范围内,检查压力信号的幅值的减低要至少下降 10 dB。
- d) 按每 10 倍频 20 s~30 s 时间,对正弦输入信号的试验频率从最低到最高进行扫频。每次扫频过程中,保持其信号幅值始终不变(见图 11)。
- e) 在频率最小,控制压力变化幅值为额定压力的 $\pm 25\%$ 时,重复步骤 8.2.5.4 的 a)~d)。



说明:
X —— 频率(以对数来表示);
Y₁ —— 幅值(分贝);
Y₂ —— 相位移(角度)。

图 11 频率响应特性曲线

9 减压阀特性试验

9.1 稳态特性试验

9.1.1 概述

减压阀性能试验应按下列步骤进行:

- a) 可选择的耐压试验(9.1.2)。在型式试验时必做。
- b) 先导阀口和泄漏量试验(9.1.3)。
- c) 恒定流量下压力-输入信号特性(9.1.4 和 9.1.5):
 - 压力-输入信号增益;
 - 压力-输入信号线性度;
 - 滞环(改变输入信号);
 - 输入信号死区;
 - 阈值。
- d) 恒定输入下压力-流量特性(9.1.6):
 - 压力-流量特性;
 - 压力-流量之比:线性度;
 - 滞环(流量方向改变);
 - 最低工作压力。
- e) 压力-油液温度试验(9.1.7)。

9.1.2 耐压试验(可选择的)

9.1.2.1 概述

在进行后续试验之前,应进行耐压试验,以检测被试阀的强度及完整性。

9.1.2.2 进口试验过程

试验按以下步骤进行:

- a) 使被试阀的进口为其 B 口额定压力的 1.3 倍,并保持至少 5 min。
- b) 在试验过程中,检查阀有无明显的外泄漏。
- c) 试验完后,检查阀是否有明显的永久变形。
- d) 记录阀的耐压试验情况。

9.1.2.3 出口试验过程

试验按以下步骤进行:

- a) 使被试阀的出口压力为出口额定压力,并保持至少 5 min。
- b) 试验过程中,检查阀有无明显的外泄漏。
- c) 试验后,检查是否有明显的永久变形。
- d) 记录阀的耐压试验情况。

9.1.2.4 先导泄油口

不对任何外部先导泄油口进行耐压试验。

如果有必要对先导泄油口进行耐压试验,则被试阀出口压力应被增加到额定压力,并且可以根据需

要调节被试阀的输入信号。

9.1.3 先导控制流量

9.1.3.1 概述

用于测量被试阀工作过程中先导控制流量,此流量包括被试阀内部泄漏量。

9.1.3.2 试验回路

先导控制流量试验的液压回路如图 2 所示,此时关闭阀 S1。

用流量计 10 测量先导泄油口流量并记录结果。

9.1.3.3 设置

调节被试阀的输入信号为 0。

调节阀 2,使被试阀的输入压力为其额定进口压力。

9.1.3.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 用流量计测量并记录先导控制流量。
- b) 增加输入信号使被试阀为额定压力的 25%,重新测量并记录先导泄油口的流量。
- c) 调节信号使被试阀为额定压力的 50%时,重复步骤 9.1.3.4 的 a)~b)。
- d) 调节信号使被试阀为额定压力的 75%时,重复步骤 9.1.3.4 的 a)~b)。
- e) 调节信号使被试阀为额定压力时,重复步骤 9.1.3.4 的 a)~b)。

9.1.4 恒定流量下,压力-输入信号特性试验

9.1.4.1 概述

应进行此项试验,以确定控制压力-输入信号特性。

9.1.4.2 试验回路

对于无反向溢流特性的阀,用图 2 所示液压回路试验,阀 S1 打开。

对于有反向溢流特性的阀,用图 3 所示液压回路试验,阀 S1 打开。

加载阀 3 应是压力补偿型流量控制阀,当记录时,应能保持流量变化范围小于设定值的 2%。

选择加载阀 3 时,应使其全开时阻力尽量小。

用流量计 11 测量流量值并记录。

9.1.4.3 准备

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录从 0 至最大输入信号范围,Y 轴能记录从 0 至额定压力范围(见图 5)。

信号发生器应能产生幅值从 0 至最大控制压力的三角波信号。

9.1.4.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 对于可反向工作的阀(采用图 3 所示回路试验),阀 13 断电,调整加载阀 3 的流量为被试阀额定流量的 50%。

- b) 保证被试阀在一个循环周期内试验结果不受动态影响。
- c) 信号发生器产生至少一个周期的波形。
- d) 记录一个周期内被试阀的输入信号和控制压力。
- e) 当被试阀的流量为额定流量时,重复步骤 9.1.4.4 的 a)~d)。
- f) 当被试阀的流量为 0 时,重复步骤 9.1.4.4 的 a)~d)。

如果被试阀反向工作(即 A 至 T),要进行以下额外试验。

- g) 将阀 13 通电,打开阀 S1,输入 50% 的额定流量至 A 口,重复步骤 9.1.4.4 的 b)~d)。当 A 口输入为额定流量时,再重复上述步骤。

对于被试阀,通过进行 9.1.4.4 的 a)~g) 步骤的试验,确定以下方面:

——各种比例的额定流量下其额定信号输入时,所对应的控制压力;

——控制压力的线性度 $\frac{p_{error}}{p_{rated} - p_{min}} \times 100\%$;

——控制压力的滞环(改变输入信号)(见图 5);

——输入信号死区。

9.1.5 阈值

9.1.5.1 概述

本试验确定在反向斜坡信号输入时被试阀的响应特性。

9.1.5.2 试验回路

阈值试验的液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。

用流量计 11 测量流量并记录结果。

9.1.5.3 准备

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录输入信号的范围内有 10% 的变化情况,Y 轴能记录压力的范围内有 10% 额定压力变化情况(见图 5)。

设定信号发生器产生 0.1 Hz 三角波并叠加在一直流偏置上。

调节输入信号到阀 2,使被试阀的进口压力为其进口额定压力。

9.1.5.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 调节加载阀 3 的流量,使其为被试阀额定流量的 50%,调节直流偏置量,使控制压力平均值为额定压力的 25%。调节三角波的输出幅值使其最小,以保证被试阀的控制压力不变化。
- b) 缓慢增加信号发生器输出幅值,直至传感器 7 有压力输出变化。
- c) 记录一个完整信号周期内的控制压力和输入信号的变化。
- d) 关闭阀 S1,使通过被试阀的流量停止。
- e) 在压力平均值为额定压力的 50% 时,重复步骤 9.1.5.4 的 a)~d)。
- f) 在压力平均值为额定压力的 75% 时,重复步骤 9.1.5.4 的 a)~d)。
- g) 在压力平均值为额定压力时,重复步骤 9.1.5.4 的 a)~d)。

9.1.6 输入信号不变时,压力-流量特性

9.1.6.1 概述

本试验确定被试阀的压力-流量特性。

9.1.6.2 试验回路

对于无反向溢流功能的被试阀,液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。

对于有反向溢流功能的被试阀,液压试验回路如图 3 所示,此时打开阀 S1。

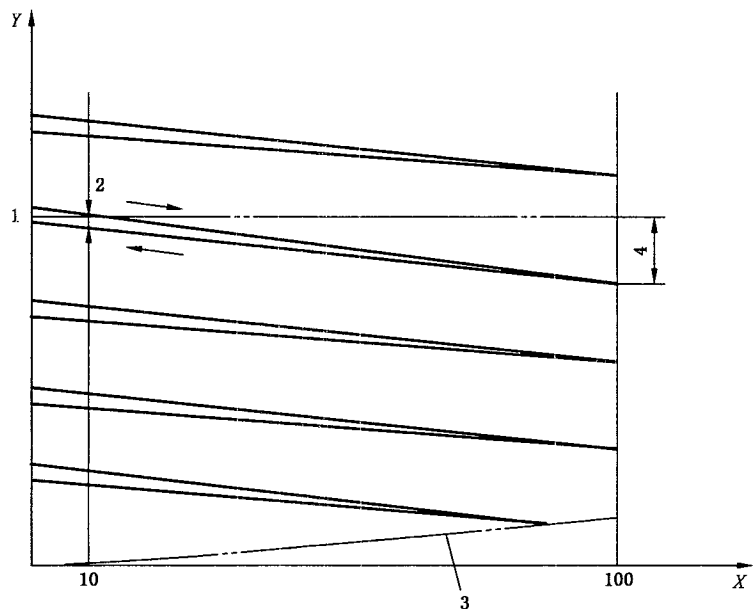
加载阀 3 应是电调制流量控制型阀,以便其流量可以被信号发生器控制(不要用有压力补偿的加载阀,因为流量在试验过程中要被测量)。

用流量计 11 测量流量并记录。

9.1.6.3 准备

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录从 0 至额定流量的范围,Y 轴应能记录从 0 至额定压力的范围(见图 12)。

选择自动信号发生器,应能产生幅值从 0 至额定流量信号的三角波。



说明:

- X —— 流量(用百分数表示);
- Y —— 压力。
- 1 —— 稳态压力;
- 2 —— 滞环;
- 3 —— 有流量时最小减压力;
- 4 —— 压力下偏差。

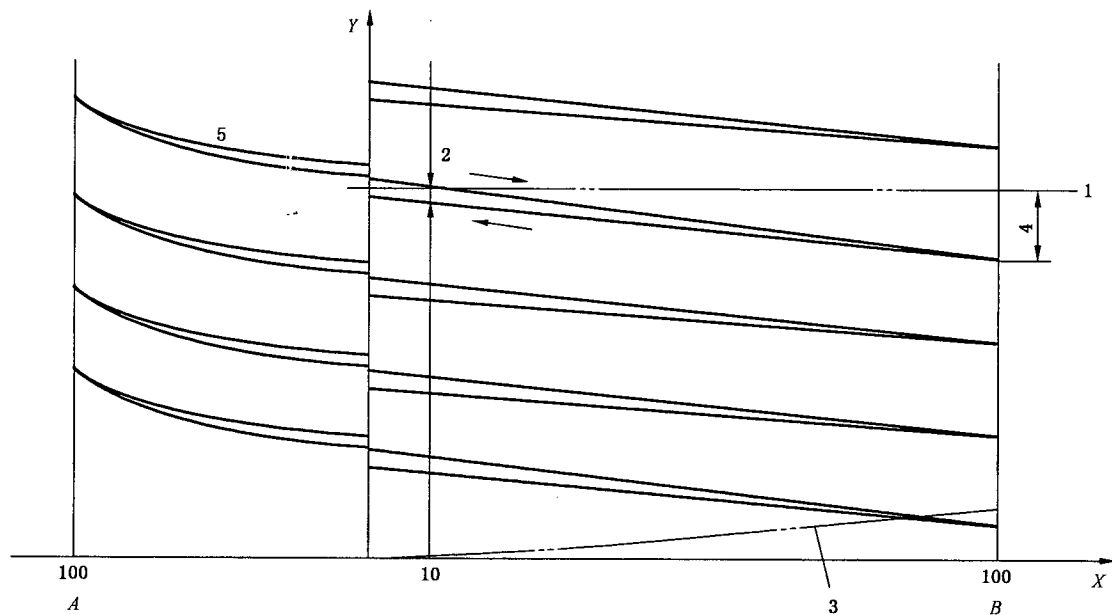
图 12 减压阀的压力-流量特性曲线

9.1.6.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- a) 使流量减小为额定流量的 10%,调节被试阀进口压力为额定压力的 50%。
- b) 调节被试阀的控制压力为额定压力的 25%。
- c) 保证在一个周期内不受动态性能影响。
- d) 信号发生器至少能产生一个周期的输出信号。
- e) 从流量为 0 开始记录至少一个周期内控制压力和流量的变化,通过关闭阀 S1,使被试阀在一

- 个周期循环结束时流量为 0,并在 30 s 后记录其出口压力。
- f) 当进口压力为额定压力时,控制压力为额定压力的 25% 时,重复步骤 9.1.6.4 的 a)~e)。
 - g) 当进口压力为额定压力时,控制压力为额定压力的 50% 时,重复步骤 9.1.6.4 的 a)~e)。
 - h) 当进口压力为额定压力时,控制压力为额定压力的 75% 时,重复步骤 9.1.6.4 的 a)~e)。
 - i) 当进口压力为额定压力时,输入信号为 0 时,重复步骤 9.1.6.4 的 a)~e)。
 - j) 使驱动放大器不工作,重复步骤 9.1.6.4 的 i),从而测出被试阀的最低控制压力(压力损失)。
- 如果阀带有反向流动工作机能(A 至 T),步骤 9.1.6.4 的 a)~j)应修改为:
- k) 阀 13 断电,调节流量减小为额定流量 10%,记录一个完整周期内被试阀的控制压力和流量,直到流量为 0 时结束。将截止阀 S1 关闭,阀 13 通电,不改变对被试阀的指令,再打开截止阀 S1 并记录被试阀的控制压力(溢流压力),直到额定反向流量再回到 0 为止(见图 13)。



说明:

X —— 流量(用百分数表示);

Y —— 压力。

1 —— 稳态压力;

2 —— 滞环;

3 —— 有流量时最低压力;

4 —— 压力下偏差;

5 —— 溢流特性(流向反向)。

A —— 100% 溢流流量;

B —— 100% 减压流量。

图 13 减压阀的压力-流量特性特性曲线

- 经过步骤 9.1.6.4 的 a)~k),可确定:
- 压力下偏差曲线(图 12);
 - 流量方向改变所产生的滞环曲线(图 12);
 - 输入信号为 0,有流量时的最低压力(图 12);
 - 在额定流量下使被试阀能正常工作所需进、出口之间的最小压差;
 - 阀进出口有压差时的最大流量。

9.1.7 控制压力-油液温度特性

9.1.7.1 概述

本试验确定控制压力随油液温度的变化。

9.1.7.2 试验回路

液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。

9.1.7.3 准备

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴显示温度变化范围($20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$),Y 轴显示从 0 至额定压力以上范围(见图 8)。

采取措施,避免阀内进入空气。

9.1.7.4 步骤

试验按以下步骤进行:

- 试验之前将阀和放大器置于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下至少 2 h。
- 调节使通过被试阀流量为额定流量的 50%,进口压力为额定进口压力。调节信号使被试阀控制压力为额定压力的 50%。在试验过程中,被试阀的流量变化不应超过额定流量的 0.5%。
- 测量并记录被试阀的控制压力、供油温度和回油温度。
- 调整加热与冷却装置,使油液温度能以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率上升。
- 连续记录 9.1.7.4 的 c) 中各变量直至温度达到规定的最大值。

9.2 动态试验

9.2.1 概述

应按 9.2.3、9.2.4、9.2.5 中规定的项目试验,以确定阀的阶跃响应特性和频率响应特性。

9.2.2 试验回路

减压阀的动态试验能随着其被控压力容积和进、出阀口管路直径的不同而变化。考虑到这一点,其控制压力腔容积应不大于额定流量的 1.5% 的油液体积,其进、出阀口的管路应符合表 3 中要求。

在减压阀的动态试验中,油源流量应至少为被试阀额定流量的 1.5 倍。油源和被试阀之间的油液容积应足够大,以确保试验中被试阀进口压力的波动值小于进口设定压力的 10%。

9.2.3 阶跃响应特性(改变输入信号)

9.2.3.1 试验回路

液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。

在试验中,加载阀 3 是一个可机械调整的节流孔。

9.2.3.2 准备

选择合适的示波器或其他仪器应能记录被试阀的控制压力和输入信号随时间的变化过程。

调节信号发生器产生一个方波,其持续时间足以使控制压力稳定。

9.2.3.3 步骤

试验按以下步骤进行：

- a) 调整被试阀进口压力,使其至少大于额定出口控制压力 2 MPa。
- b) 从表 4 中选择一组开始压力和结束压力,调节加载阀 3,取两个压力中的较大值,使被试阀通过流量为额定流量的 25%。
- c) 调节信号发生器的输出幅值,使控制压力在 9.2.3.3 的 b) 所选择的两个压力值之间阶跃。
- d) 信号发生器的输出信号至少产生一个周期限的波形。
- e) 记录被试阀的正负阶跃响应下控制压力和信号随时间的变化,并保证记录窗口显示完整的响应过程。
- f) 在额定流量的 50% 时,重复步骤 9.2.3.3 的 a)~e)。
- g) 在额定流量时,重复步骤 9.2.3.3 的 a)~e)。
- h) 在关闭阀 S1 时,重复步骤 9.2.3.3 的 a)~e)。

9.2.4 阶跃响应特性(改变流量)

9.2.4.1 试验回路

液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。

用流量计 11 测量流量并记录结果。

9.2.4.2 准备

选择合适的示波器或其他仪器应能记录进、出口压力信号随时间的变化过程(如图 14)。

调节信号发生器产生一个方波,其持续时间足以使控制压力稳定。

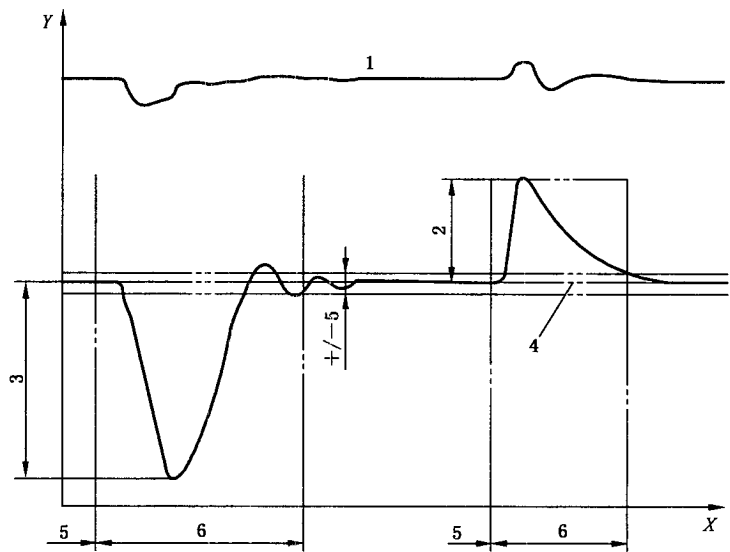
用信号发生器打开和关闭加载阀 3。

加载阀 3 的打开和关闭时间应小于被控压力容积加压所需时间的 50%。

9.2.4.3 步骤

试验按以下步骤进行：

- a) 关闭加载阀 3,调节被试阀的输入信号使控制压力为额定压力的 25%。
- b) 调节信号发生器输入到加载阀 3 的信号,以使该阀打开时,流过阀的流量为其额定流量的 50%。
- c) 信号发生器能产生至少一个周期的波形。
- d) 当加载阀 3 打开或关闭时记录被试阀进出口压力随时间的变化情况,试验确保示波器能显示全部响应。
- e) 在额定压力的 50% 时,重复步骤 9.2.4.3 的 a)~d)。
- f) 在额定压力的 75% 时,重复步骤 9.2.4.3 的 a)~d)。
- g) 在额定压力时,重复步骤 9.2.4.3 的 a)~d)。



说明：
X —— 时间；
Y —— 压力(用百分数表示)。
1 —— 输入压力；
2 —— 压力超调；
3 —— 压力负超调；
4 —— 稳态压力；
5 —— 初始点；
6 —— 调整时间。

图 14 减压阀阶跃响应特性曲线(改变流量)

9.2.5 频率响应特性

9.2.5.1 概述

本试验将确定被试阀的电信号输入与控制压力之间的频率响应。
对于无溢流特性的减压阀一般不用在动态响应高的设备中,因此,不适合做此试验,或者说并不强制做。

9.2.5.2 试验回路

液压试验回路如图 2 所示,此时打开阀 S1。
用流量计 11 测量流量并记录结果。

9.2.5.3 准备

选择合适的频率响应分析仪或其他仪器应能测量正弦信号之间的幅值比和相位移。
连接好设备应能测量被试阀输入信号和控制压力之间的响应过程(见图 11)。

9.2.5.4 步骤

试验按以下步骤进行：
a) 调节油源流量不小于额定流量的 50%，关闭加载阀 3,调节阀 2 使被试阀的进口压力等于额定压力。

- b) 施加直流偏置量使被试阀的出口控制压力为额定压力的 50%。
- c) 在直流偏置基础上叠加一个正弦信号,在稳态条件下,调节正弦信号幅值,使控制压力幅值为出口额定压力的 $\pm 5\%$ 。按 9.1.4 中试验方法确定。调节频率测量范围,使输入信号和出口控制压力的相位滞后,其范围在最低频率时小于 10° ,最高频率时大于 90° 。
- d) 在同样的频率范围内,控制压力的幅值至少减少 10 dB。
- e) 按每 10 倍频 20 s~30 s 时间,对正弦输入信号的试验频率从最低到最高进行扫频。每次扫频过程中,保持其信号幅值始终不变(见图 11)。
- f) 调整正弦输入信号幅值,在最低频率时使控制压力幅值为出口额定压力的 $\pm 25\%$,重复步骤 9.2.5.4 的 a)~e)。
- g) 如果需用流量进行试验,则需重复步骤 9.2.5.4 的 a)~f),此时应调节油源流量为额定流量,调节加载阀 3 的流量为额定流量的 50%。

10 压力脉冲试验

压力脉冲响应特性试验见 GB/T 19934.1。

11 结果的表达

11.1 概述

试验结果应以下面之一形式表示:

- a) 用表格的形式;
- b) 用图表的形式。

11.2 试验报告

11.2.1 概述

全部的试验报告至少应包括下列资料:

- a) 阀的制造商;
- b) 阀的类型、序列号;
- c) 如果应用外置放大器,需注明放大器的型号、序列号;
- d) 额定压降下的额定流量;
- e) 压降;
- f) 供油压力;
- g) 回油压力;
- h) 试验回路油液类型;
- i) 试验回路油液温度;
- j) 试验回路油液黏度(符合 GB/T 3141—1994);
- k) 额定输入信号;
- l) 线圈接线类型(例如串联或并联);
- m) 颤振信号波形、幅值、频率(如果用到);
- n) 各试验参数的允许试验限度;
- o) 试验日期;
- p) 试验人员姓名。

11.2.2 产品验收试验报告

产品验收试验报告至少应包括下列资料：

- a) 绝缘电阻值(7.4)；
- b) 耐压压力(8.1.2 和 9.1.2)；
- c) 最大内泄漏量(8.1.3 和 9.1.3)；
- d) 压力-输入信号特性和试验中通过的流量(8.1.4 和 9.1.4)；
- e) 压力-输入信号的滞环现象(8.1.4.4 和 9.1.4.4)；
- f) 压力/流量特性(8.1.4.4 和 9.1.4.4)；
- g) 阈值(8.1.5 和 9.1.5)；
- h) 压力流量特性(8.1.6 和 9.1.6)；
- i) 压力流量特性的线性度(8.1.4 和 9.1.4)。

11.2.3 型式试验报告

型式试验报告至少应包括下列资料：

- a) 产品验收试验的数据(11.2.2)；
- b) 线圈电阻(7.2)；
- c) 线圈电感(7.3)；
- d) 耐压压力(8.1.2 和 9.1.2)；
- e) 压力-油液温度特性；
- f) 压力信号线性度；
- g) 压力流量线性度；
- h) 压力死区；
- i) 动态特性；
- j) 压力脉冲试验结果(第 10 章)；
- k) 解体目视检查任何物理品质下降的详细资料。

12 标注说明(引用 GB/T 15623 的本部分)

当选择遵守 GB/T 15623 的本部分时,建议制造商在试验报告、产品目录和销售文件中使用以下说明:“试验按 GB/T 15623.3—2012 的规定进行。”

附 录 A
(资料性附录)
试验实施指南

试验之前,被试阀的驱动放大器宜按照制造商的说明书设定。

信号发生器宜提供连续可变的输入信号,记录仪用来记录压力传感器和流量计测出得相应的压力和流量信号。

注 1: 阀对输入信号产生压力和流量响应也可以采用逐点法手动记录。

注 2: 输入信号在半个试验周期仅在一个方向上升,而在另半个试验周期又在另一个方向下降。这样的结果就使阀固有的迟滞显现出来,自动信号发生器可有效的防止信号的误转换。

对于稳态试验,假如与记录仪的响应相比较,其输出变化频率要低,则信号发生器产生的何种函数类型(如正弦、斜坡等)是不重要的,记录仪具有调整传感器和阀输入信号的幅值到合适尺度及调整图中曲线轨迹对中的功能。

自动信号发生器宜具备手动输入开关,以便阀和仪器的调节。

宜记录电气设备的调整。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15623.1 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的方法.
- [2] GB/T 15623.2 液压传动 电调制液压控制阀 第 2 部分:三通方向流量控制阀试验的方法.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
液压传动 电调制液压控制阀
第 3 部分:压力控制阀试验方法
GB/T 15623.3—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 65 千字
2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46001 定价 33.00 元



GB/T 15623.3—2012

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107