



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 15623.2—2017  
代替 GB/T 15623.2—2003

---

## 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方法

Hydraulic fluid power—Electrically modulated hydraulic control valves—  
Part 2: Test methods for three-port directional flow-control valves

(ISO 10770-2:2012, MOD)

2017-11-01 发布

2018-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



目 次

前言 ..... III

引言 ..... V

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语、定义和符号..... 1

4 试验条件 ..... 3

5 试验装置 ..... 3

6 准确度 ..... 4

7 不带集成放大器的阀的电气特性试验 ..... 5

8 性能试验 ..... 6

9 压力脉冲试验..... 25

10 结果表达 ..... 25

11 标注说明 ..... 26

附录 A（资料性附录） 试验实施指南 ..... 27



## 前 言

GB/T 15623《液压传动 电调制液压控制阀》分为三个部分:

- 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2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 15623.2—2003《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方法》,与 GB/T 15623.2—2003 相比,主要技术变化如下:

- 新增引用标准 GB/T 19934.1、JB/T 7033—2007(见第2章);
- 删除了术语“电调制液压方向流量控制阀”,增加了术语“电调制液压三通方向流量控制阀”、“输入信号死区”、“阈值”及“额定输入信号”(见3.1);
- 修改了“3.2 符号和单位”的有关内容(见表1);
- 试验条件中,删除了“液压油液温度”和“供油压力”,增加了“流体黏度等级”和“压降”(见表2);
- 修改了试验回路(见图1、图10和图11);
- 增加了仪表准确度的“电阻”和“动态范围”的要求(见6.1和6.2);
- 增加了“线圈电阻”的冷态、热态的测试(见7.2.1和7.2.2);
- 删除了“耐久性试验”和“环境试验”(见2003年版第9章和第11章)。

本部分采用重新起草法修改采用 ISO 10770-2:2012《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方法》(英文版)。

本部分与 ISO 10770-2:2012 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 ISO 1219-1(见3.2);
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 3141 代替 ISO 3448(见表2和10.2.1);
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 4728.1 代替 IEC 60617(见3.2);
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 7631.2 代替 ISO 6743-4(见表2);
  - 用修改采用国际标准的 GB/T 14039 代替 ISO 4406(见表2);
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 17446 代替 ISO 5598(见3.1);
  - 用等同采用国际标准的 GB/T 19934.1 代替 ISO 10771-1(见第9章);
  - 用修改采用国际标准的 JB/T 7033—2007 代替 ISO 9110-1(见6.1);
- 删除了术语“电调制液压方向流量控制阀”,增加了术语“电调制液压三通方向流量控制阀”(见3.1);
- 规定了矿物液压油应符合 GB/T 7631.2 的 L-HL(见表2);
- 对第6章准确度中,仪表温度允许系统误差原文为“c) 温度:环境温度的 $\pm 2\%$ ”,修改为:“c) 温度:实际测量值的 $\pm 2\%$ ”,因采用实际测试温度更为合理。

本部分还做了以下编辑性修改:

- 第8章,避免出现悬置段,更改了条的编号,以符合国家标准编写格式;
- 图2、图3、图8、图12及图13中的符号表示方法不采用原文形式,而采用与 ISO 10770-1 相同

形式,以符合国家标准编写格式;

- 图 14 中,在图中曲线上增加  $Y_1$  符号,用以表示“幅值比曲线”和增加  $Y_2$  符号,用以表示“相位滞后曲线”。因为原文说明中  $Y_1$  和  $Y_2$  与图形坐标轴符号相同,对两个曲线没有表示区分;
- 表 4 中,在“流量幅值% 的额定流量”标题下每一个表格第一行数值中,原文为“ $\pm 50$ ”错误,修改为“ $\pm 5$ ”;
- 删除了压力的等同单位“(bar)”。

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。

本部分起草单位:海门市油威力液压工业有限责任公司、北京精密机电控制设备研究所、宁波华液机器制造有限公司、浙江大学、燕山大学、武汉科技大学、北京机械工业自动化研究所、上海博世力士乐液压及自动化有限公司、上海衡拓液压控制技术有限公司、北京华德液压工业集团有限责任公司、海门维拓斯液压阀业有限公司。

本部分主要起草人:林广、陈东升、但新强、何友文、张策、徐兵、赵静一、陈新元、曹巧会、胡启辉、渠立鹏、张宪、王春英、朱红岩、郭锐、钱新博。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 15623—1995、GB/T 15623.2—2003。

## 引 言

制定 GB/T 15623.2 的目的是提高电调制液压三通方向流量控制阀试验的规范性,进而提高所记录被试阀性能数据的可比性,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2部分：三通方向流量控制阀试验方法

#### 1 范围

GB/T 15623 的本部分规定了电调制液压三通方向流量控制阀性能特性的试验方法。

本部分适用于液压系统中电调制液压三通方向流量控制阀性能特性的试验。

注：在液压系统中，电调制液压三通方向流量控制阀是能通过电信号连续控制三个主阀口流量和方向变化的连续控制阀，一般包括伺服阀和比例阀等不同类型产品。以下如没有特别限定，“阀”即指电调制液压三通方向流量控制阀。

#### 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（GB/T 786.1—2009，ISO 1219-1:2006，IDT）

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

GB/T 4728.1 电气简图用图形符号 第1部分：一般要求（GB/T 4728.1—2005，IEC 60617 database，IDT）

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）（GB/T 7631.2—2003，ISO 6743-4:1999，IDT）

GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号（GB/T 14039—2002，ISO 4406:1999，MOD）

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇（GB/T 17446—2012，ISO 5598:2008，IDT）

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（GB/T 19934.1—2005，ISO 10771-1:2002，IDT）

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

#### 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

**电调制液压三通方向流量控制阀** electrically modulated hydraulic three-port directional flow-control valve

能响应连续变化的电输入信号以控制输出流量连续变化和方向的三通阀。

###### 3.1.2

**输入信号死区** input signal deadband

不能产生控制流量变化的输入信号范围。

3.1.3

阈值 threshold

连续控制阀产生反向输出所需输入信号的变化量。

注：阈值以额定信号的百分数表示。

3.1.4

额定输入信号 rated input signal

由制造商给定的达到额定输出时的输入信号。

3.2 符号

本部分所用符号如表 1 所示。所有图形符号应符合 GB/T 786.1 和 GB/T 4728.1。

表 1 符号

| 参 量    | 符 号                                                                  | 单 位                           |
|--------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 电感     | $L_c$                                                                | H                             |
| 绝缘电阻   | $R_i$                                                                | $\Omega$                      |
| 绝缘试验电流 | $I_i$                                                                | A                             |
| 绝缘试验电压 | $U_i$                                                                | V                             |
| 电阻     | $R_c$                                                                | $\Omega$                      |
| 颤振幅值   | —                                                                    | %(最大输入信号的百分比)                 |
| 颤振频率   | —                                                                    | Hz                            |
| 输入信号   | $I$ 或 $U$                                                            | A 或 V                         |
| 额定输入信号 | $I_n$ 或 $U_n$                                                        | A 或 V                         |
| 输出流量   | $q$                                                                  | L/min                         |
| 额定流量   | $q_n$                                                                | L/min                         |
| 流量增益   | $K_v = (\Delta q / \Delta I)$ 或<br>$K_v = (\Delta q / \Delta U)$     | L/(min · A) ,或<br>L/(min · V) |
| 滞环     | —                                                                    | %(最大输出信号的百分比)                 |
| 内泄漏    | $q_1$                                                                | L/min                         |
| 供油压力   | $p_P$                                                                | MPa                           |
| 回油压力   | $p_T$                                                                | MPa                           |
| 负载压力   | $p_A$ 或 $p_B$                                                        | MPa                           |
| 负载压差   | $p_L = p_A - p_B$ 或<br>$p_L = p_B - p_A$                             | MPa                           |
| 阀压降    | $p_v = p_P - p_T - p_L$                                              | MPa                           |
| 额定阀压降  | $p_n$                                                                | MPa                           |
| 压力增益   | $K_p = (\Delta p_L / \Delta I)$ 或<br>$K_p = (\Delta p_L / \Delta U)$ | MPa/A 或<br>MPa/V              |

表 1（续）

| 参 量     | 符 号       | 单 位           |
|---------|-----------|---------------|
| 阈值      | —         | %（最大输出信号的百分比） |
| 幅值比（比率） | —         | dB            |
| 相位移     | —         | (°)           |
| 温度      | —         | ℃             |
| 频率      | $f$       | Hz            |
| 时间      | $t$       | s             |
| 时间常数    | $t_c$     | s             |
| 线性误差    | $q_{err}$ | L/min         |

4 试验条件

除非另有规定，应按照表 2 中所给出的试验条件进行阀的试验。

表 2 试验条件

| 参变量    | 条 件                               |
|--------|-----------------------------------|
| 环境温度   | 20 ℃±5 ℃                          |
| 油液污染度  | 固体颗粒污染应按 GB/T 14039 规定的代号表示       |
| 流体类型   | 矿物液压油（符合 GB/T 7631.2 的 L-HL）      |
| 流体黏度   | 阀进口处为 32cSt±8cSt                  |
| 流体黏度等级 | 符合 GB/T 3141—1994 规定的 VG32 或 VG46 |
| 压 降    | 试验要求值的±2.0%                       |
| 回油压力   | 符合制造商的推荐                          |

5 试验装置

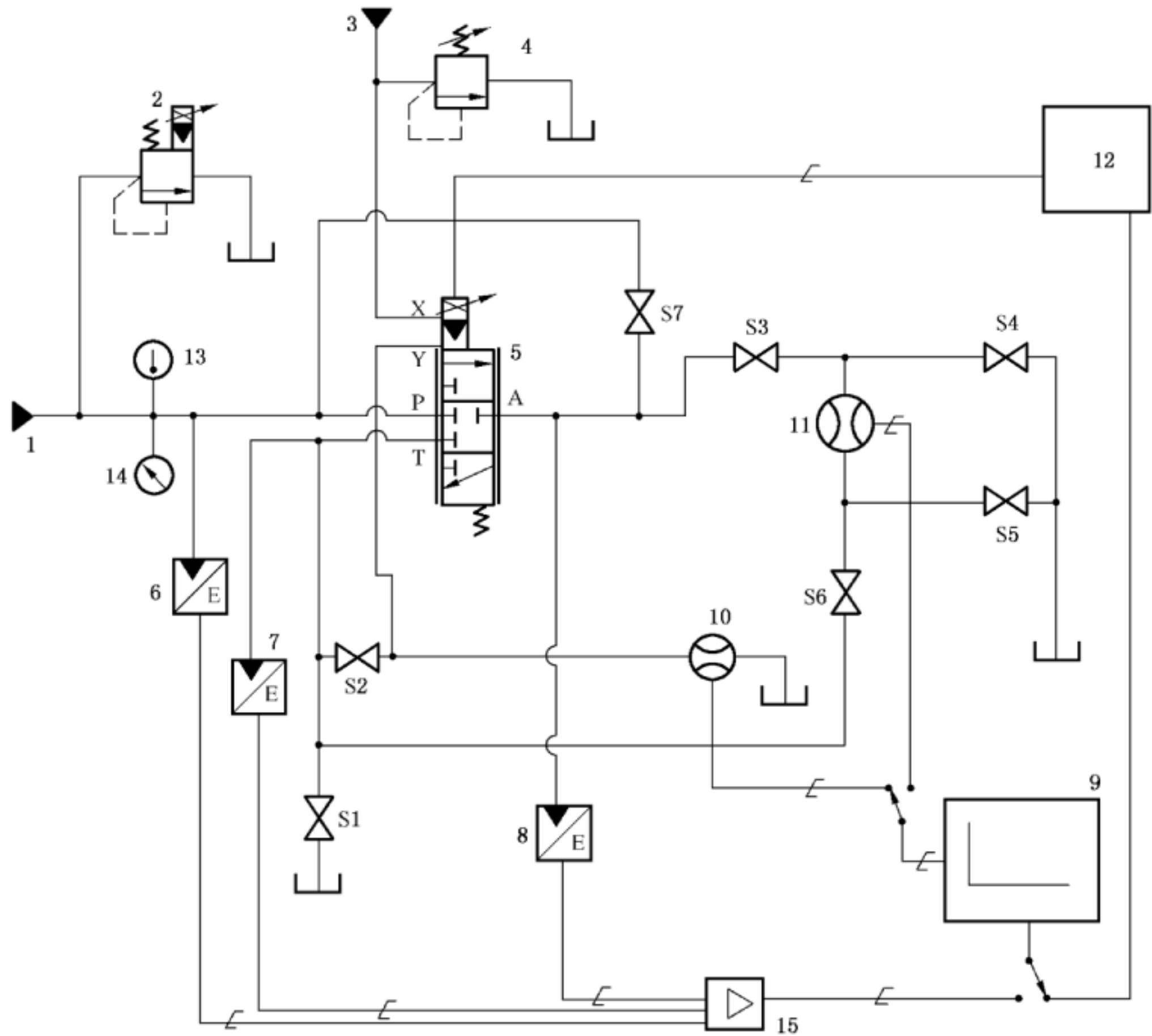
安全提示：试验过程应充分考虑人员和设备的安全。

对所有类型阀的试验装置，应使用符合图 1、图 10 或图 11 中要求的试验回路。

图 1、图 10 和图 11 所示的试验回路是完成试验所需的最基本要求，没有包含安全装置。采用图 1、图 10 和图 11 所示回路试验时，应按下列要求实施：

- a) 试验实施指南参见附录 A；
- b) 对于每项试验可建立单独的试验回路，以消除截止阀引起泄漏的可能性，提高测试结果的准确性；
- c) 液压性能试验以阀和放大器的组合进行实施。输入信号作用于放大器，而不是直接作用于阀。对于电气试验，输入信号直接作用于阀；

- d) 尽可能使用制造商所推荐的放大器进行液压试验,否则应记录放大器的类型与主要参数(如脉宽调制频率、颤振频率和幅值等);
- e) 在脉宽调制频率的启闭过程中,记录放大器的供电电压、幅值和作用于被试阀上的电压信号大小及波形;
- f) 电气试验设备和传感器的频宽或固有频率,至少大于最高试验频率的 10 倍;
- g) 图 1、图 10 中的压力传感器 6 至 8 可由压差传感器代替,以测试每一个油路。



说明:

- |                |               |             |
|----------------|---------------|-------------|
| 1 ——主油源;       | 9 ——数据采集;     | S1~S7——截止阀; |
| 2 ——主溢流阀;      | 10、11——流量传感器; | A ——控制油口;   |
| 3 ——外部先导油源;    | 12 ——信号发生器;   | P ——进油口;    |
| 4 ——外部先导油源溢流阀; | 13 ——温度指示器;   | T ——回油口;    |
| 5 ——被试阀;       | 14 ——压力表;     | X ——先导进油口;  |
| 6~8——压力传感器;    | 15 ——信号调节器;   | Y ——先导泄油口。  |

图 1 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 所规定的 B 级,允许系统误差为:

- a) 电阻:实际测量值的±2%;
- b) 压力:阀在额定流量下的额定压降的±1%;
- c) 温度:实际测量值的±2%;
- d) 流量:阀额定流量的±2.5%;
- e) 输入信号:达到额定流量时的输入电信号的±1.5%。

6.2 动态范围

进行动态试验,应保证测量设备、放大器或记录装置产生的任何阻尼、衰减及相位移对所记录的输出信号的影响不超过其测量值 1%。

7 不带集成放大器的阀的电气特性试验

7.1 概述

应根据需要,在进行后续试验前仅对不带集成放大器的阀完成 7.2 至 7.4 所述的试验。

注: 7.2 至 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)

按以下方式进行试验:

- a) 将未通电的阀放置在规定的环境温度下至少 2 h;
- b) 测量并记录阀上每个线圈两端的电阻值。

7.2.2 线圈电阻(热态)

按以下方式进行试验:

- a) 将阀安装在制造商推荐的底板上,内部浸油,完全通电,在达到最高额定温度时,阀启动工作,保持充分励磁和无油液流动,直到线圈温度稳定;
- b) 应在阀断电后 1 s 内,测量并记录每个线圈两端的电阻值。

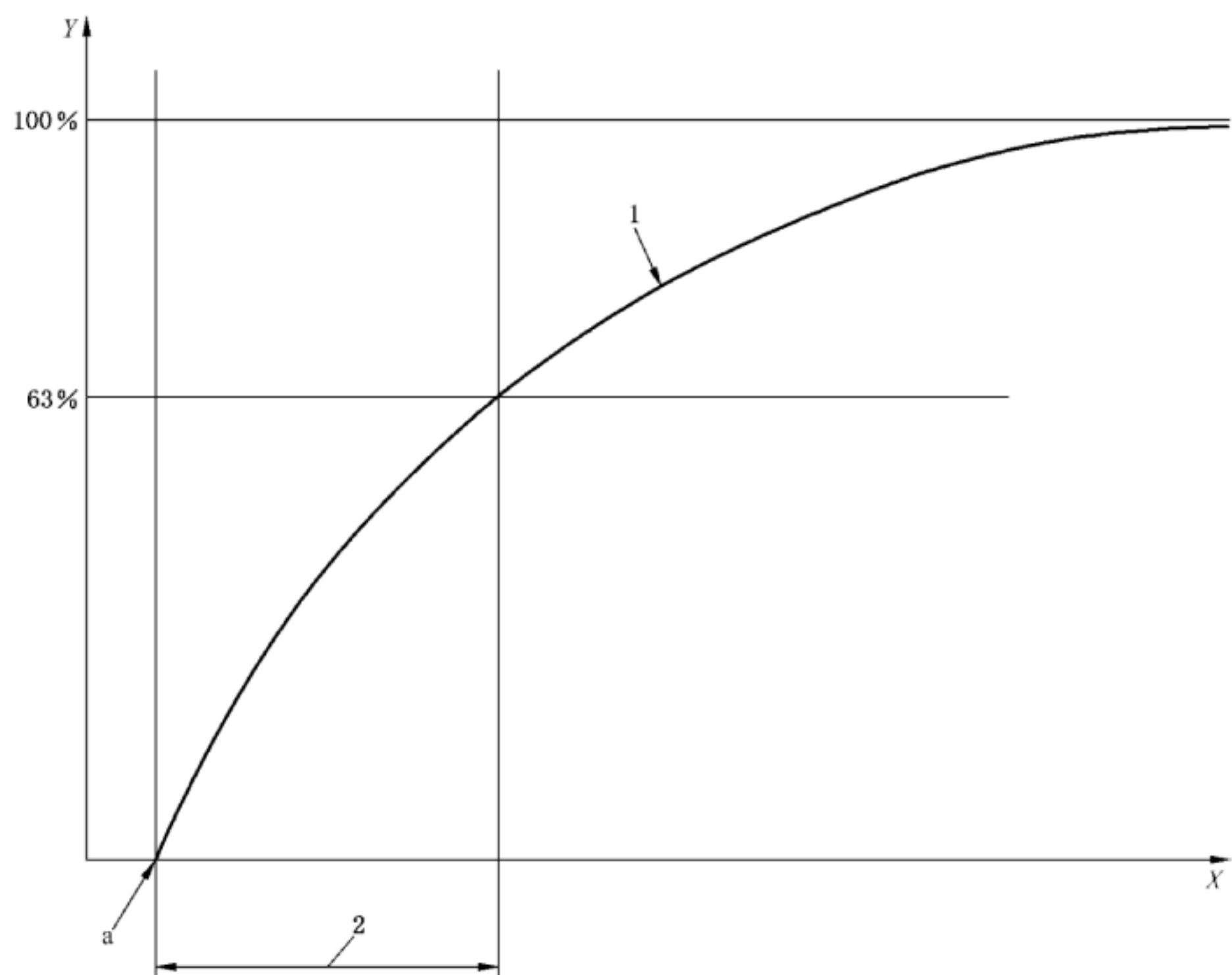
7.3 线圈电感(可选测)

用此方法所测得电感值不代表线圈本身的电感大小,仅在比较时做参考。

按以下步骤进行试验:

- a) 将线圈接入一个能够提供并保证线圈额定电流的稳压电源;
- b) 试验过程中,应使衔铁保持在工作行程的 50%处;
- c) 用示波器或类似设备监测线圈电流;
- d) 调整电压,使稳态电流等于线圈的额定电流;
- 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  $t_c$ (见图 2),用式(1)计算电感值  $L_c$ :

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



说明：  
X ——时间；  
Y ——电流；  
1 ——直流电曲线；  
2 ——时间常数， $t_c$ ；  
a ——起始点。

图 2 线圈电感测量曲线

7.4 绝缘电阻

按下列步骤确定线圈的绝缘电阻：

- a) 如果内部电气元件接触油液(如湿式线圈),在进行本项试验前应向阀内注入液压油；
- b) 将线圈两端相连,并在此连结点与阀体之间施加直流电压, $U_i=500\text{ V}$ ,持续 15 s；
- c) 使用合适的绝缘电阻测试仪测量,记录绝缘电阻  $R_i$ ；
- d) 使用带电流读数的测试仪测量绝缘试验电流  $I_i$ ,用式(2)计算绝缘电阻：

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} \dots\dots\dots ( 2 )$$

8 性能试验

8.1 概述

所有性能试验应针对阀和放大器的组合,因输入信号仅作用于放大器,而不是直接作用于阀。  
在可能的情况下,对于多级阀,应使阀的配置模式为先导级外部供油和外部泄油。  
在开始任何试验之前,应进行常规的机械/电气调整,如零位、输入信号死区和增益调整。

## 8.2 稳态试验

### 8.2.1 概述

进行稳态性能试验时,应注意并排除对其动态特性造成影响的因素。

应按以下顺序进行稳态试验:

- a) 耐压试验(可选择)(见 8.2.2);
- b) 内泄漏试验(见 8.2.3);
- c) 在恒定压降下,对阀的输出流量—输入信号特性进行测试(见 8.2.4 和 8.2.5),以此确定:
  - 1) 额定流量;
  - 2) 流量增益;
  - 3) 流量线性度;
  - 4) 流量滞环;
  - 5) 流量对称性;
  - 6) 流量极性;
  - 7) 阀芯遮盖状态;
  - 8) 阈值。
- d) 输出流量—阀压降特性试验(见 8.2.6);
- e) 极限输出流量—阀压降特性试验(见 8.2.7);
- f) 输出流量—油温特性试验(见 8.2.8);
- g) 压力增益—输入信号特性试验(见 8.2.9);
- h) 压力零漂试验(见 8.2.10);
- i) 失效保护功能试验(见 8.2.11)。

### 8.2.2 耐压试验(可选择)

#### 8.2.2.1 概述

被试阀耐压试验可在其他项目试验之前进行,以检验阀的完整性。

#### 8.2.2.2 P、A 和 X 油口试验步骤

进行耐压试验时,打开回油口 T,压力施加于阀的进油口 P、控制油口 A 和外部先导进油口 X。按以下步骤进行试验:

- a) 阀的 P、A 和先导油口 X 施加的压力为其额定压力的 1.3 倍,至少保持 30 s;在前半周期内,输入最大输入信号;在后半周期内,输入最小输入信号;
- b) 在试验过程中,检查阀是否存在外泄漏;
- c) 试验后,检查阀是否存在永久性变形;
- d) 记录耐压试验情况。

#### 8.2.2.3 T 油口试验步骤

按以下步骤进行试验:

- a) 阀油口 T 施加的压力为其额定压力的 1.3 倍,至少保持 30 s;
- b) 在试验过程中,检查阀是否存在外泄漏;

- c) 试验后,检查阀是否存在永久变形;
- d) 记录耐压试验情况。

#### 8.2.2.4 先导泄油 Y 油口

任何外部先导泄油口不得进行耐压试验。

### 8.2.3 内泄漏和先导流量试验

#### 8.2.3.1 概述

进行内泄漏和先导流量试验,以确定:

- a) 内泄漏量和先导流量的总流量;
- b) 阀采用外部先导泄油时的先导流量。

#### 8.2.3.2 试验回路

内泄漏和先导流量的液压试验回路见图 1,进行试验前,打开截止阀 S1、S3 和 S6,关闭其他截止阀。

#### 8.2.3.3 设置

调整阀的进油压力和先导压力应高于回油压力 10 MPa。如果制造商提供阀的该压力低于 10 MPa,可按制造商提供的额定压力值。

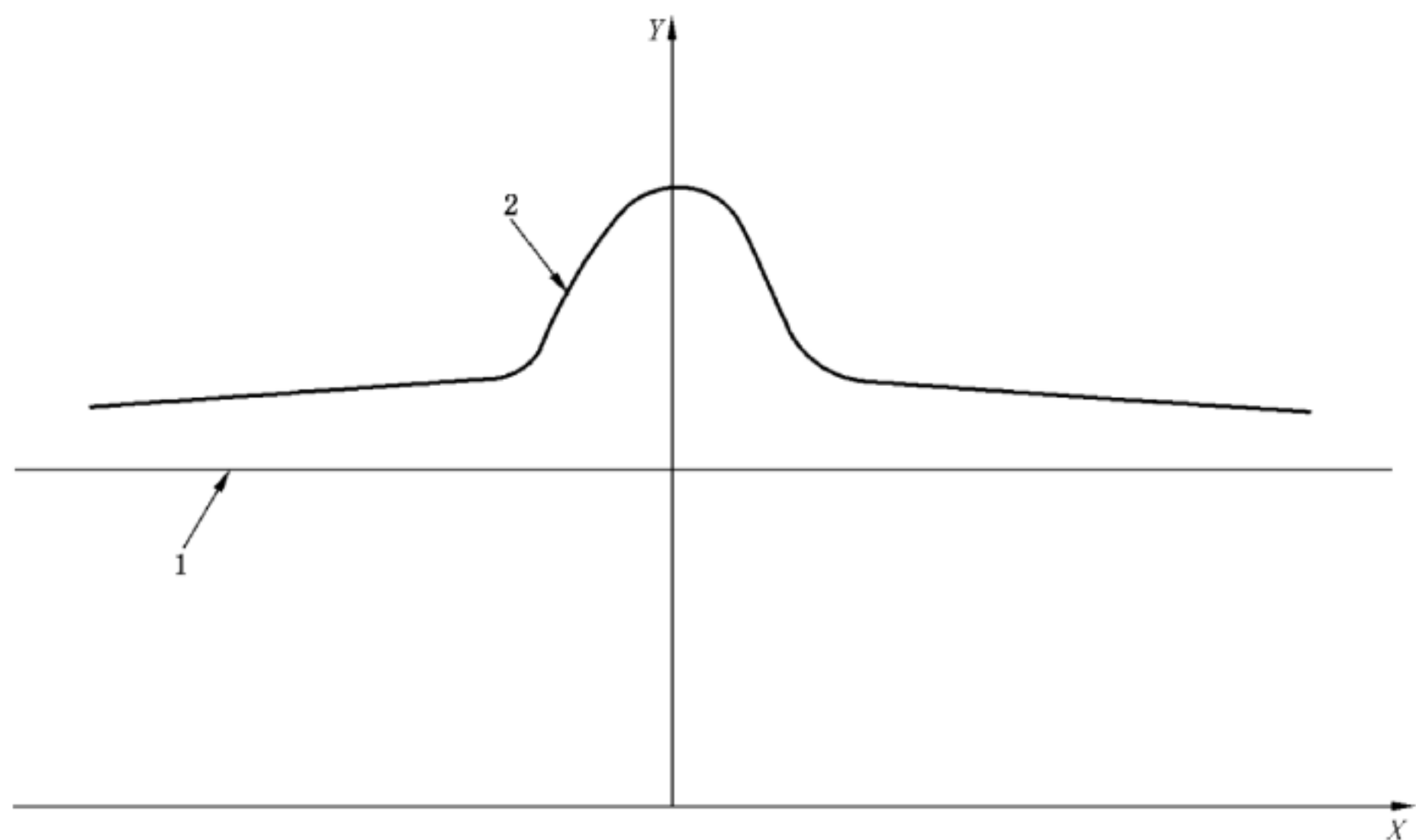
#### 8.2.3.4 步骤

按以下步骤进行试验:

- a) 进行泄漏量测试之前,在全输入信号范围内,操作阀动作数次,确保阀内通过的油液在规定的黏度范围内;
- b) 先关闭截止阀 S3 和 S6,打开截止阀 S2,然后再关闭截止阀 S1;
- c) 缓慢调整输入信号在阀的全信号范围内变化,流量传感器 10 记录油口 T 的泄漏量,包括主级泄漏和先导级泄漏的总流量,见图 3(图 3 所示的泄漏曲线是伺服阀的典型内泄漏特征,其他类型阀的内泄漏曲线可能具有不同特征);
- d) 用一个稳定的输入信号进行测试,流量传感器 10 记录的结果即阀在稳态条件下主级和先导级的总泄漏量。

当阀采用外部先导泄油时,打开截止阀 S1 和关闭截止阀 S2。设置输入信号为零,记录油口 Y 处的泄漏量。流量传感器 10 记录的结果即阀先导泄漏量。

如有必要,可将压力增至被试阀的最大供油压力下重复进行试验。



说明：  
X ——输入信号；  
Y ——内泄漏量；  
1 ——近似于先导泄漏量曲线(仅为先导控制阀)；  
2 ——包括先导泄漏量在内的总泄漏量曲线。

图 3 内泄漏量测试曲线

8.2.4 恒定压降下的输出流量—输入信号特性测试

8.2.4.1 概述

试验目的是确定阀芯构成的每个阀口在恒定压降下的流量特性。用流量传感器 11 记录每个阀口油路的流量变化。每个阀口的输出流量—输入信号特性曲线,见图 4。

8.2.4.2 试验回路

8.2.4.2.1 概述

试验回路如图 1 所示,流量传感器 11 具备较宽的测量范围,至少应是额定流量的 1%至 100%。尤其是测量接近于零流量时,应具有较高的准确性,否则,需要采用具有重叠工作流量范围的两个不同流量传感器来代替流量传感器 11,一个测量大流量,另一个测量小流量。

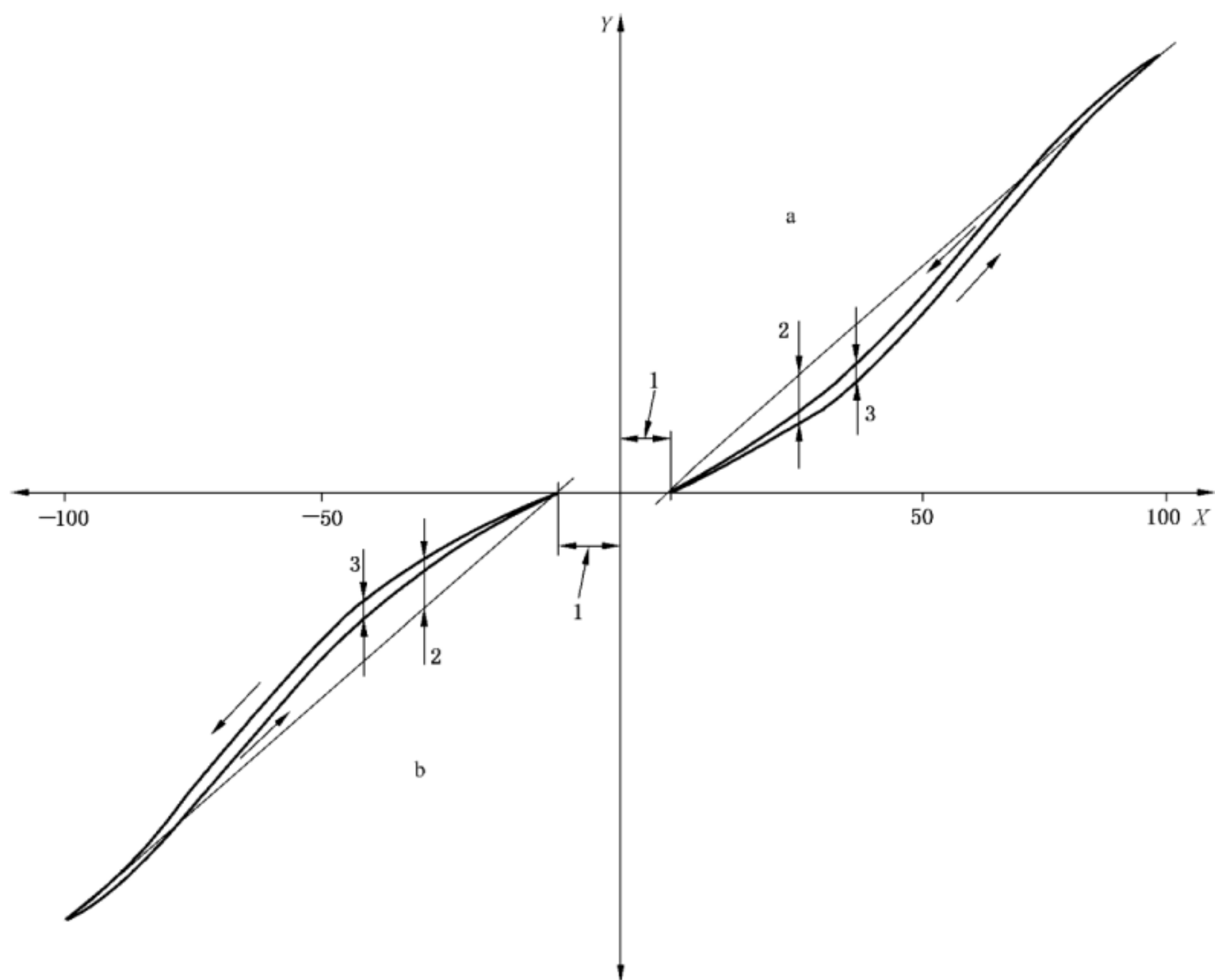
为使内部先导压力控制模式的多级阀能正常工作,宜在阀主油路中增加节流装置以提高系统压力。

8.2.4.2.2 从进油口 P 到控制油口 A 的流量

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S1、S3 和 S5,关闭其他截止阀。

8.2.4.2.3 从控制油口 A 到回油口 T 的流量

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S4、S6 和 S7,关闭其他截止阀。



说明：

X —— 额定输入信号的百分比；

Y —— 输出流量；

1 —— 输入信号死区；

2 —— 线性误差 ( $q_{err}$ )；

3 —— 滞环；

a—— 进油口 P 至控制油口 A 流量；

b—— 控制油口 A 至回油口 T 流量。

图 4 测试曲线

8.2.4.3 设置

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录输入信号的整个范围,Y 轴能记录从 0 至额定流量以上的流量范围,见图 4。

选择一个能够产生三角波的信号发生器,三角波应具有最大输入信号的幅值范围。设置其三角波信号产生的频率为 0.02 Hz 或更低。

对采用外部先导控制的多级阀,调整先导供油达到制造商推荐的值。

对采用内部先导控制的多级阀,调整油口 P 的供油至少达到制造商推荐的最低值。

8.2.4.4 步骤

8.2.4.4.1 试验应按以下步骤进行：

- a) 对所测的每个阀口,分别利用压力传感器 6 至 8 进行测量。应控制所测阀口的压降为 0.5 MPa 或 3.5 MPa。在一个完整的周期内,应确保所测阀口的压降保持恒定,其变化量不超过  $\pm 2\%$ 。如果测试过程中不能连续控制压降保持恒定,可采用取点读数的方法进行；
- b) 使输入信号在最小值和最大值之间循环几次,检查控制流量是否在记录仪 Y 轴的范围内；

- c) 保证每次循环时不受动态影响,使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控制流量;
- e) 对每个阀口,重复步骤 a)至 d)。

#### 8.2.4.4.2 使用测得数据确定以下特性结果:

- a) 额定输入信号下的输出流量;
- b) 流量增益;
- c) 被控流量的线性度  $q_{err}/q_n$  (用百分比表示);
- d) 被控流量的滞环 (相对于输入信号的变化);
- e) 输入信号死区 (如果有);
- f) 流量对称性;
- g) 流量极性。

#### 8.2.4.4.3 在无法监测输出流量的情况下,可监测阀芯位移来代替监测的流量,以此确定:

- a) 额定输入信号下阀芯的位置;
- b) 滞环;
- c) 极性。

### 8.2.5 阈值

#### 8.2.5.1 概述

试验目的是确定被试阀的输出对输入反向信号变化的响应。

#### 8.2.5.2 试验回路

使用 8.2.4.2 中所规定的试验回路。

#### 8.2.5.3 设置

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录达到 25% 额定输入信号,Y 轴能记录从 0~50% 的额定流量。

选择一个能产生三角波并带叠加直流偏置功能的信号发生器,设置其三角波信号产生的频率为 0.1 Hz 或更低。

对采用外部先导控制的多级阀,调整先导供油达到制造商推荐的值。

对采用内部先导控制的多级阀,调整油口 P 的供油至少达到制造商推荐的最低值。

#### 8.2.5.4 步骤

试验应按以下步骤进行:

- a) 在额定压降下,调节直流偏置量和压力,使通过被试阀的平均流量约为额定流量的 25%,调整三角波形的幅值至最小值,以确保被控流量不变;
- b) 缓慢地增加信号发生器的输出幅值变化,直到观察到被控流量产生变化;
- c) 记录一个完整信号周期内的被控流量和输入信号;
- d) 对每一个阀口,重复步骤 a)至 c)。

### 8.2.6 输出流量—阀压降特性试验

#### 8.2.6.1 概述

试验目的是确定被试阀的输出流量与阀压降的变化特性。

8.2.6.2 试验回路

8.2.6.2.1 从进油口 P 到控制油口 A 的流量

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S1、S3 和 S5,关闭其他截止阀。

8.2.6.2.2 从控制油口 A 到回油口 T 的流量

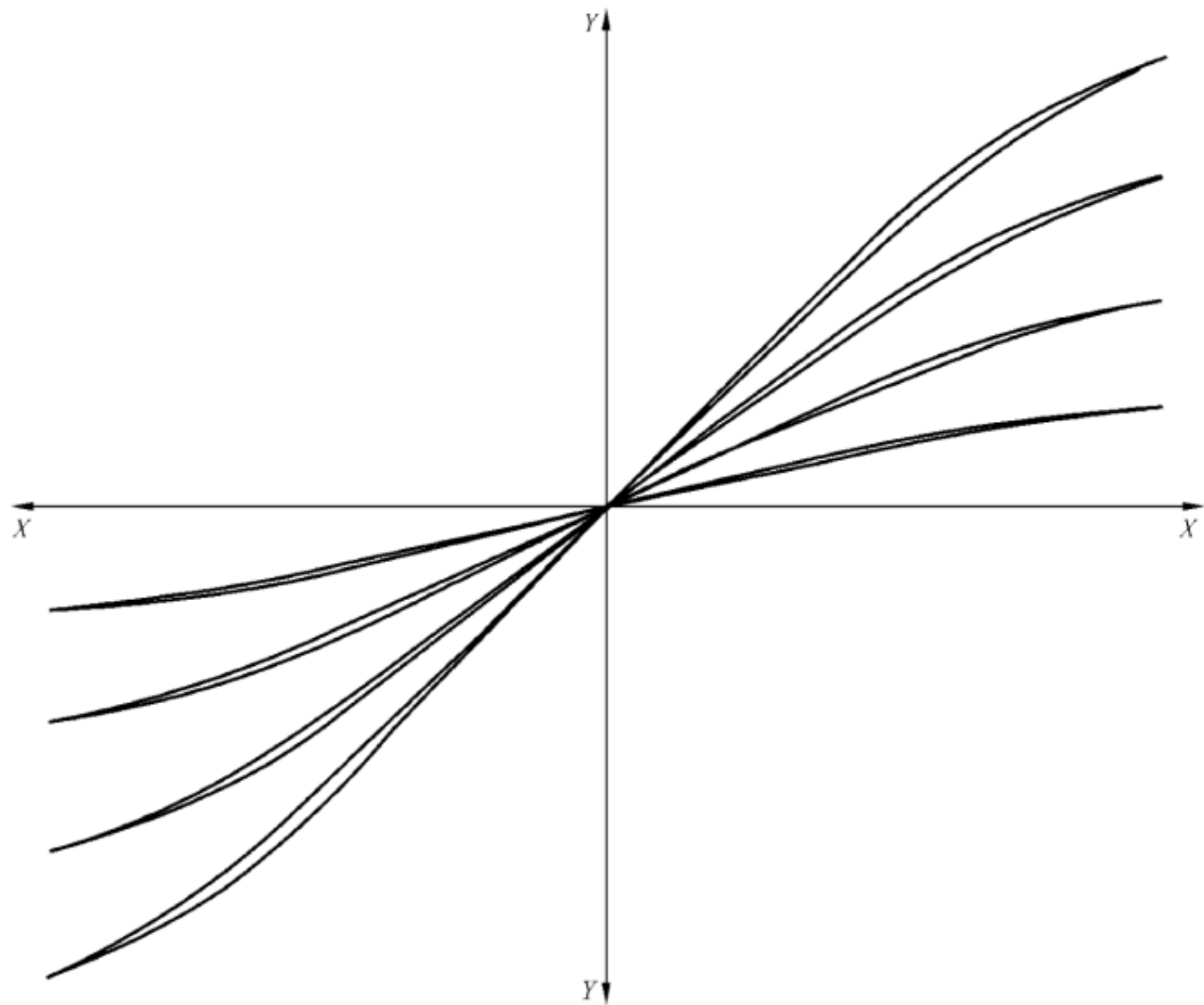
采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S4、S6 和 S7,关闭其他截止阀。

8.2.6.3 设置

选择合适的绘图仪和记录仪,使其 X 轴能记录被试阀的压降,压降的测量可在压力传感器 6 至 8 中选择;Y 轴能记录从零至三倍以上额定流量,见图 5。

对采用外部先导控制的多级阀,调整先导供油达到制造商推荐的值。

对采用内部先导控制的多级阀,调整油口 P 的供油至少达到制造商推荐的最低值。



说明:  
X —— 阀压降;  
Y —— 流量。

图 5 输出流量—阀压降特性曲线(无内置压力补偿器)

8.2.6.4 步骤

8.2.6.4.1 从进油口 P 到控制油口 A 的流量

试验应按以下步骤进行:

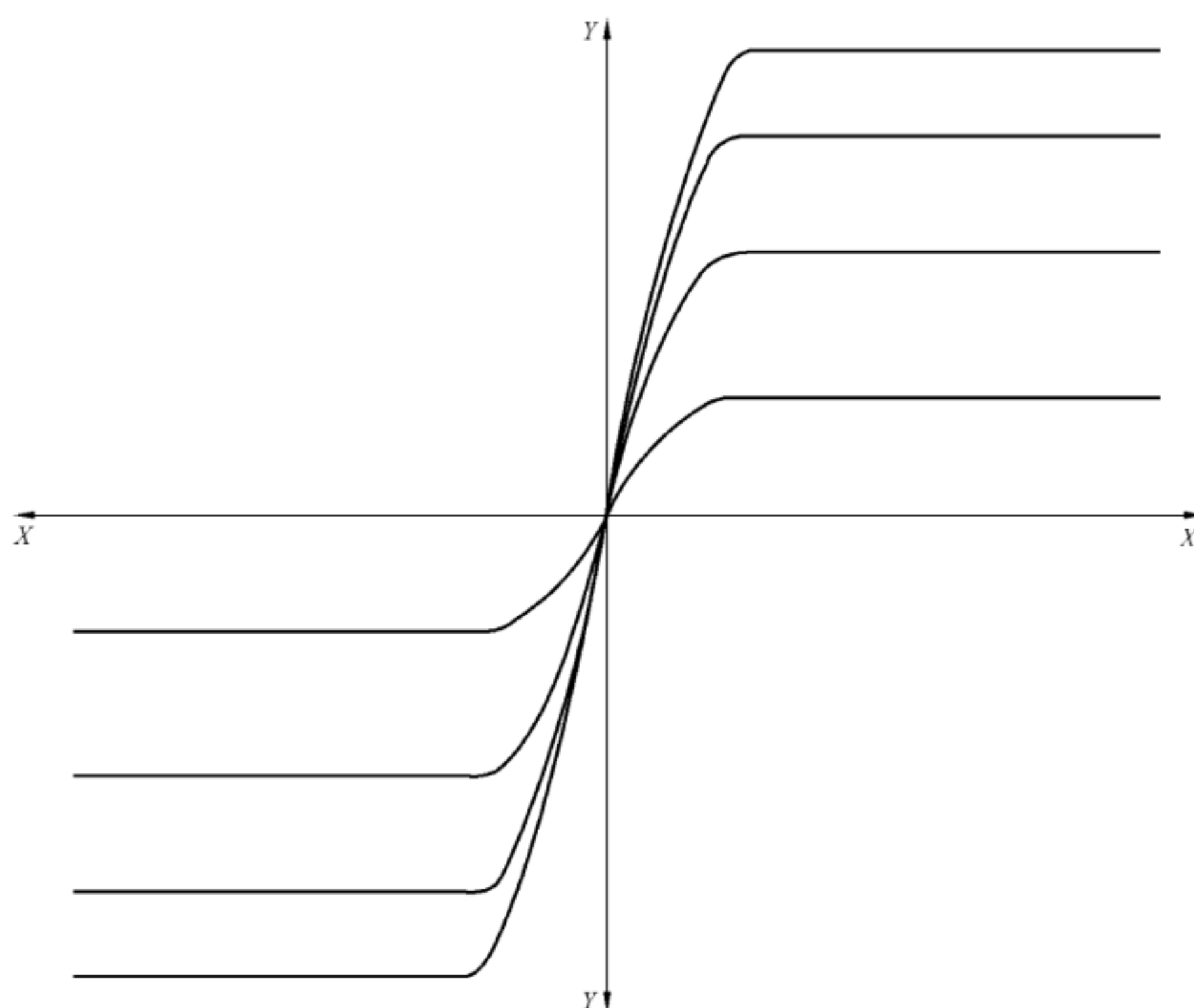
- a) 使输入信号循环多次,并逐渐变化至满量程范围;

- b) 调整被试阀的压降至尽可能的最小值；
- c) 设置正向输入信号为正向额定值(100%)；
- d) 调节阀 2 使压力上升,缓慢地增加被试阀的压降,直至被试阀油口 P 在额定压力时,压降增至最大值。在正向额定输入信号下,绘制阀的输出流量与压降的连续变化曲线,然后,缓慢减少油口 P 压力至压降最低值,继续绘制出曲线；
- e) 分别在额定输入信号的 75%、50%和 25%的值下,重复步骤 d),见图 5；
- f) 对于有内置压力补偿器的被试阀,按上述试验来确定其负载补偿装置的有效性,见图 6。

#### 8.2.6.4.2 从控制油口 A 到回油口 T 的流量

试验应按以下步骤进行：

- a) 使输入信号循环多次,并逐渐变化至满量程范围；
- b) 调整被试阀的压降至尽可能的最小值；
- c) 设置输入信号为负向额定值(−100%),使流量从 A 至 T 方向流动；
- d) 调节阀 2 使压力上升,缓慢地增加被试阀的压降,直至被试阀油口 A 在额定压力时,压降增至最大值。在负向额定输入信号时,绘制阀的输出流量与压降的连续变化曲线,然后,缓慢减少油口 A 压力至压降最低值,继续绘制出曲线；
- e) 分别在额定输入信号的 75%、50%和 25%的值下,重复步骤 d),见图 5；
- f) 对于有内置压力补偿器的被试阀,按上述试验来确定其负载补偿装置的有效性,见图 6。



说明：

X —— 阀压降；

Y —— 流量。

图 6 输出流量-阀压降特性曲线(有内置压力补偿器)

8.2.7 极限功率特性试验

8.2.7.1 概述

试验目的是确定带阀芯位置反馈的阀的极限功率特性。对于不带阀芯位置反馈的阀,其极限功率曲线可在 100%额定信号下按照 8.2.6.4 测得。

根据极限功率试验的结果可确定阀能稳定工作的流量和压力的极限区域,当超过极限区域后,由于液动力的作用,阀芯将无法维持稳定位置。对于带阀芯位置反馈的阀,应按 8.2.7.2 至 8.2.7.4 的方法试验。

8.2.7.2 试验回路

8.2.7.2.1 从进油口 P 到控制油口 A 的流量

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S1、S3 和 S5,关闭其他截止阀。

8.2.7.2.2 从控制油口 A 到回油口 T 的流量

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S4、S6 和 S7,关闭其他截止阀。

8.2.7.3 设置

选择合适的绘图仪和记录仪,使其 X 轴能记录被试阀的压降,Y 轴能记录从零至三倍以上额定流量,见图 7。

对采用外部先导控制的多级阀,调整先导供油达到制造商推荐的值。

对采用内部先导控制的多级阀,调整油口 P 的供油至少达到制造商推荐的最低值。

理想情况下应监测主阀芯位置。

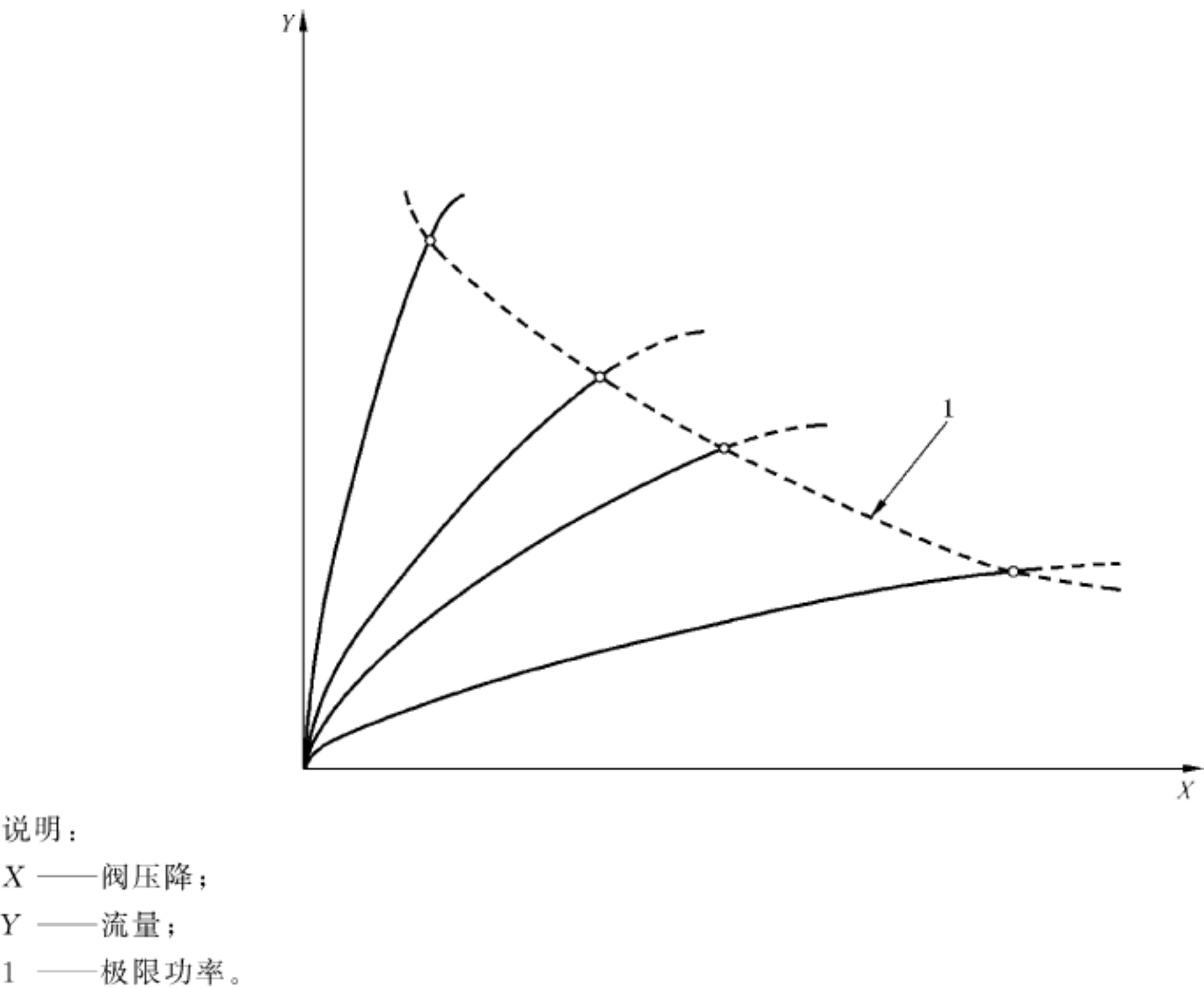


图 7 极限功率特性曲线

#### 8.2.7.4 步骤

重复 8.2.6.4.1 和 8.2.6.4.2 进行试验。在每一种输入信号值下,记录被试阀无法维持闭环位置控制和阀芯开始移动时的标记点。连接这些标记点即得到极限功率特性曲线,见图 7。

如果不能监测阀芯位置,可由下述方法确定极限功率标记点:

- a) 在输入信号上叠加一个幅值为输入信号 $\pm 5\%$ 的低频正弦信号,频率通常在  $0.2\text{ Hz}\sim 0.4\text{ Hz}$  之间;
- b) 缓慢地增加阀的供油压力,记录其正弦运动停止或流量突然减少的那一点,即为极限功率标记点。

#### 8.2.8 输出流量或阀芯位置-油液温度特性试验

##### 8.2.8.1 概述

试验目的是测量被控流量随流体温度变化的特性。

##### 8.2.8.2 试验回路

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S1、S3 和 S5,关闭其他截止阀。

##### 8.2.8.3 设置

选择合适的绘图仪或记录仪,使其 X 轴能记录  $20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度范围,Y 轴能记录从 0 至额定流量,见图 8。

对采用外部先导控制的多级阀,调整先导供油达到制造商推荐的值。

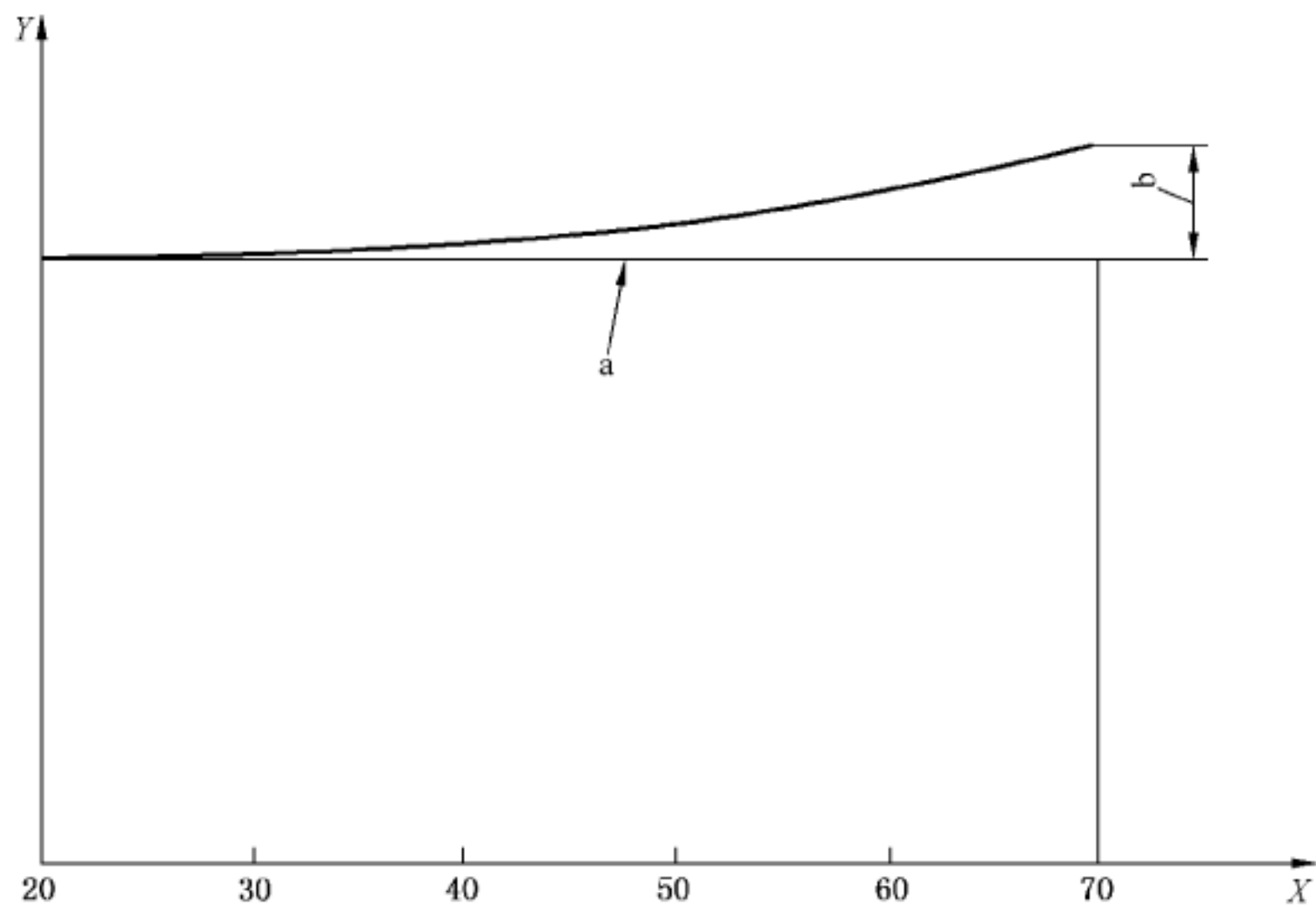
对采用内部先导控制的多级阀,调整油口 P 的供油至少达到制造商推荐的最低值。

宜采取预防措施,避免有强烈的空气对流经过阀的周围。

##### 8.2.8.4 步骤

试验应按以下步骤进行:

- a) 试验开始前,将阀和放大器处于  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境温度下至少放置 2 h 以上;
- b) 施加一个输入信号,使阀在额定压降下输出  $10\%$  的额定流量。在试验过程中,保持阀压降为其额定值不变;
- c) 测量和记录被控流量和油液温度,见图 8;
- d) 试验过程中,应调整加热和/或冷却装置,使油液温度能以约  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$  速率上升;
- e) 持续记录 c) 中指定的参数,直至温度达到  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- f) 在  $50\%$  的额定流量下,重复步骤 c) 至 e)。



说明:

X —— 油液温度;

a —— 设定流量;

Y —— 流量;

b —— 流量变化。

图8 流量-油液温度特性曲线

## 8.2.9 压力增益试验

### 8.2.9.1 概述

试验目的是确定阀的控制口 A 的压力增益-输入信号特性。

正遮盖阀口的阀不做此项试验。

此项试验对比例阀可选做。

### 8.2.9.2 试验回路

采用符合图 1 要求的试验回路进行试验,打开截止阀 S1,关闭其他截止阀。

### 8.2.9.3 设置

选择合适的绘图仪和记录仪,使其 X 轴能记录相当于 $\pm 10\%$ 最大输入信号的值,Y 轴能记录从 0 至 10 MPa 的值,见图 9。

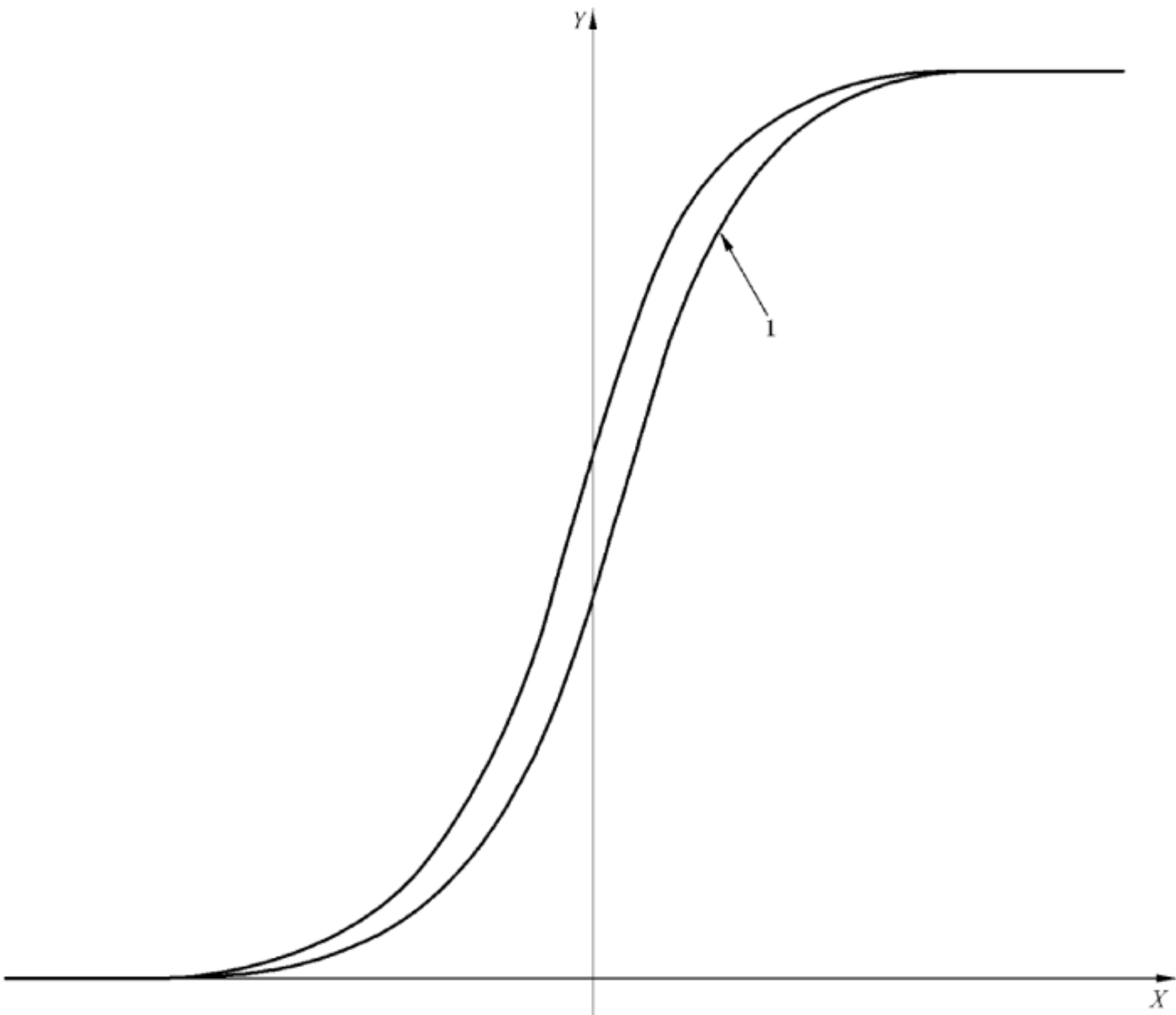
### 8.2.9.4 步骤

选择能产生三角波形的信号发生器,其幅值最大为 10% 的输入信号范围,设置三角波频率为 0.01 Hz 或更低。因试验过程易受被试阀的内泄漏和流体容积受压变化影响,可能有必要设置更低的频率和波形,以确保动态效应不会影响到测量数据。

试验应按以下步骤进行:

- 调整供油压力至 10 MPa;
- 调整输入信号的幅值,确保阀芯足以移动通过中位,并满足阀芯两侧都有足够的移动行程使其两个控制口能达到供油压力值,见图 9;
- 在阀口 A 处于封闭状态时记录其压力变化值;

d) 确定压力增益,即当输入信号从 0 变化至 1%时,阀口 A 压力变化与供油压力百分比的变化。



说明:  
X ——输入信号;  
Y ——压力;  
1 ——阀口 A 压力。

图 9 封闭阀口 A 压力-输入信号特性曲线

8.2.10 压力零漂试验(仅适用于伺服阀)

8.2.10.1 试验回路

采用 8.2.9.2 中所述试验回路。

8.2.10.2 步骤

试验应按以下步骤进行:

- a) 在供油压力为油口 P 最高允许压力的 40%时,调整输入信号,使油口 A 的压力为供油压力的 50%,记录此时的输入信号值;
- b) 在供油压力为油口 P 最高允许压力的 20%时,重复步骤 a);
- c) 在供油压力为油口 P 最高允许压力的 60%时,重复步骤 a)。

8.2.10.3 结论

用最大输入信号百分比表示输入信号的变化,以形成随供油压力变化而变化的压力零漂。压力零漂可用每兆帕对应于供油压力的百分比表示。

### 8.2.11 失效保护功能试验

试验应按以下步骤进行：

- a) 检查阀的固有失效保护特性,例如输入信号消失,断电或供电不足,供油压力损失或降低,反馈信号消失等;
- b) 通过监测阀芯位置,检查安装在阀上任何一个专用的失效保护功能装置的性能;
- c) 如有必要,选择不同的输入信号,重复上述测试。

## 8.3 动态试验

### 8.3.1 概述

按 8.3.3 至 8.3.5 进行试验,确定阀的阶跃响应特性和频率响应特性。

可采用下述 a)、b)或 c) 三种方法之一获得反馈信号：

- a) 使用流量传感器 11 的输出作为反馈信号。流量传感器频带宽至少大于包括困油容积效应在内的最大试验频率的 3 倍。另外,可使用低摩擦(压差不超过 0.3 MPa)、低惯性的直线执行器和与其连接的达到上述频带宽的速度传感器组合,来代替流量传感器,见图 10。直线执行器不适合用于含有直流偏置为输入信号的试验。应使油口 A 到流量传感器或执行器之间的管路长度尽可能短。当测试正遮盖较大阀口的阀,或者非线性流量增益较强的阀,应避免采用此方法,对这类阀应采用方法 b)和 c);
- b) 对于带内置阀芯位置传感器而无内置压力补偿流量控制器的被试阀,可使用阀芯位置信号作为反馈信号;
- c) 对于不带内置阀芯位置传感器也无内置压力补偿流量控制器的被试阀,有必要在阀芯上安装一个合适的位置传感器以及相匹配的信号调节装置。只要所提供外加的传感器不改变阀的频率响应,即可用这个位移信号作为反馈信号。

采用上述方法 a)、b)和 c),会得到不同的结果。因此,试验报告的数据应注明所使用的试验方法。

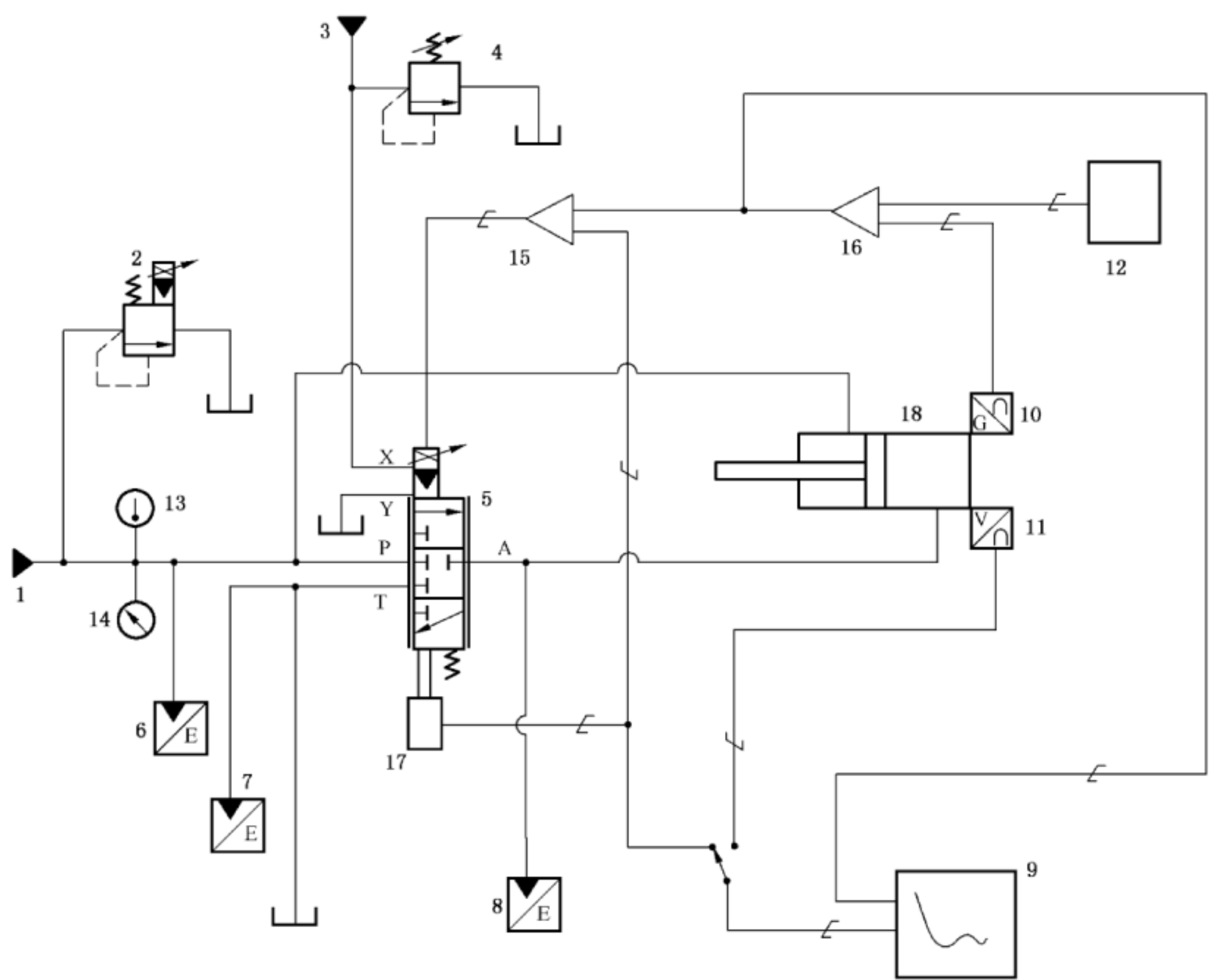
对多级阀进行试验,建议采用外部先导控制方式,以得到具有可比性的数据。

### 8.3.2 试验回路

采用符合图 1 或者图 10 要求的试验回路进行试验。

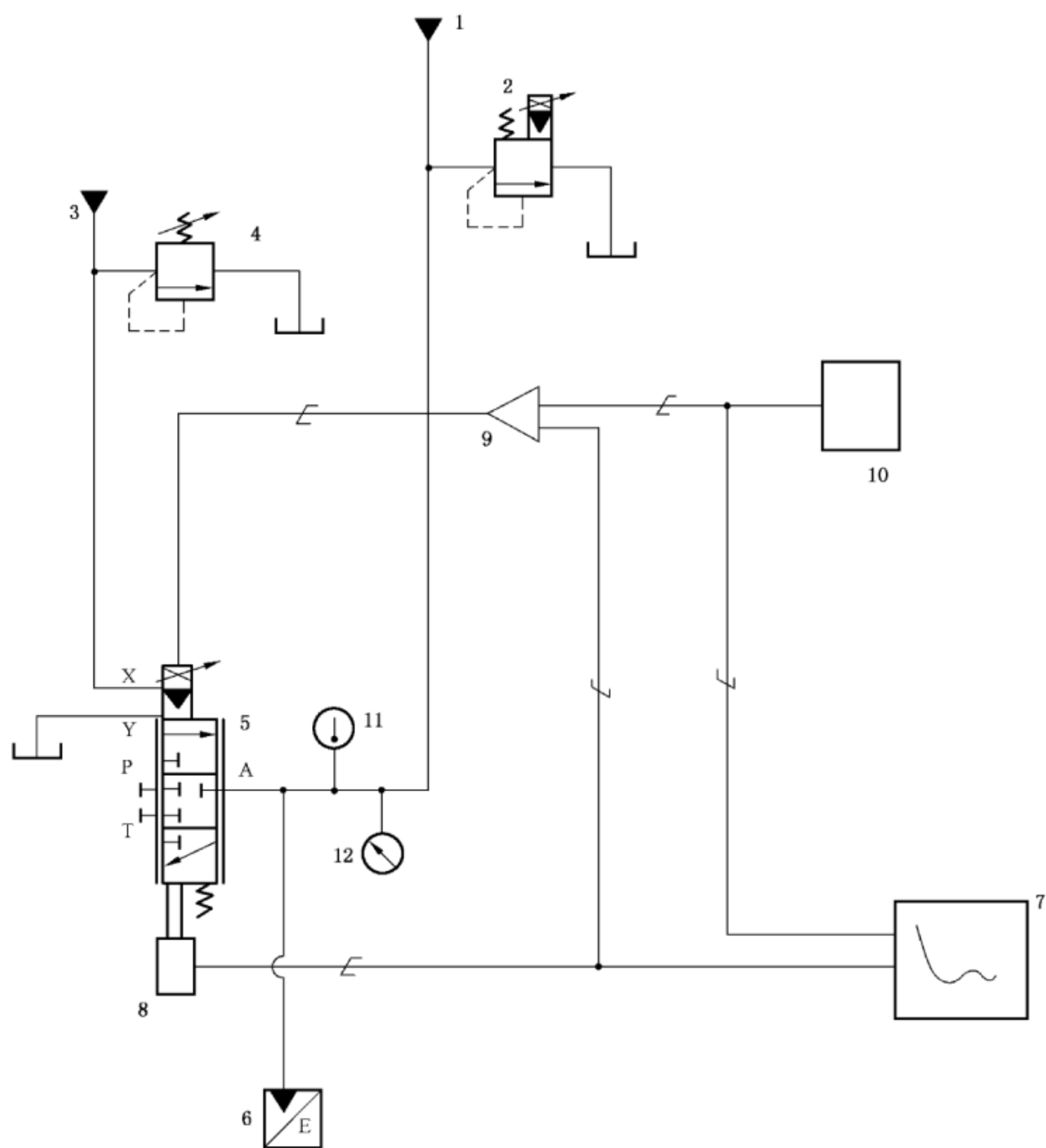
对于流量规格较大的被试阀,满足图 1 或图 10 要求试验是不现实的。在此情况下,对带阀芯位移反馈的阀,关闭图 1 中的截止阀 S3 和 S7,即可有效地封闭阀口 A。对于需要在阀口 A 来调节压力且带阀芯位置反馈的大流量规格的阀,可采用符合图 11 要求的试验回路。在这两种情况下,使用阀芯位置信号做输入信号。因此,试验报告的数据应注明所使用的试验方法。

使用合适的油源和管道,以保证在试验频率范围和阶跃响应的持续时间内,阀的压降保持在名义设置值的 $\pm 25\%$ 以内。必要时可为油源安装蓄能器。



- 说明：
- |                |               |                 |
|----------------|---------------|-----------------|
| 1 ——主油源；       | 10——位置传感器；    | 17——可选的阀芯位置传感器； |
| 2 ——主溢流阀；      | 11——速度传感器；    | 18——低惯性缸；       |
| 3 ——外部先导油源；    | 12——信号发生器；    | A ——控制油口；       |
| 4 ——外部先导油源溢流阀； | 13——温度指示器；    | P ——进油口；        |
| 5 ——被试阀；       | 14——压力表；      | T ——回油口；        |
| 6~8——压力传感器；    | 15——信号调节器；    | X ——先导进油口；      |
| 9 ——数据采集；      | 16——低增益缸位置反馈； | Y ——先导泄油口。      |

图 10 试验回路——动态测试



说明：

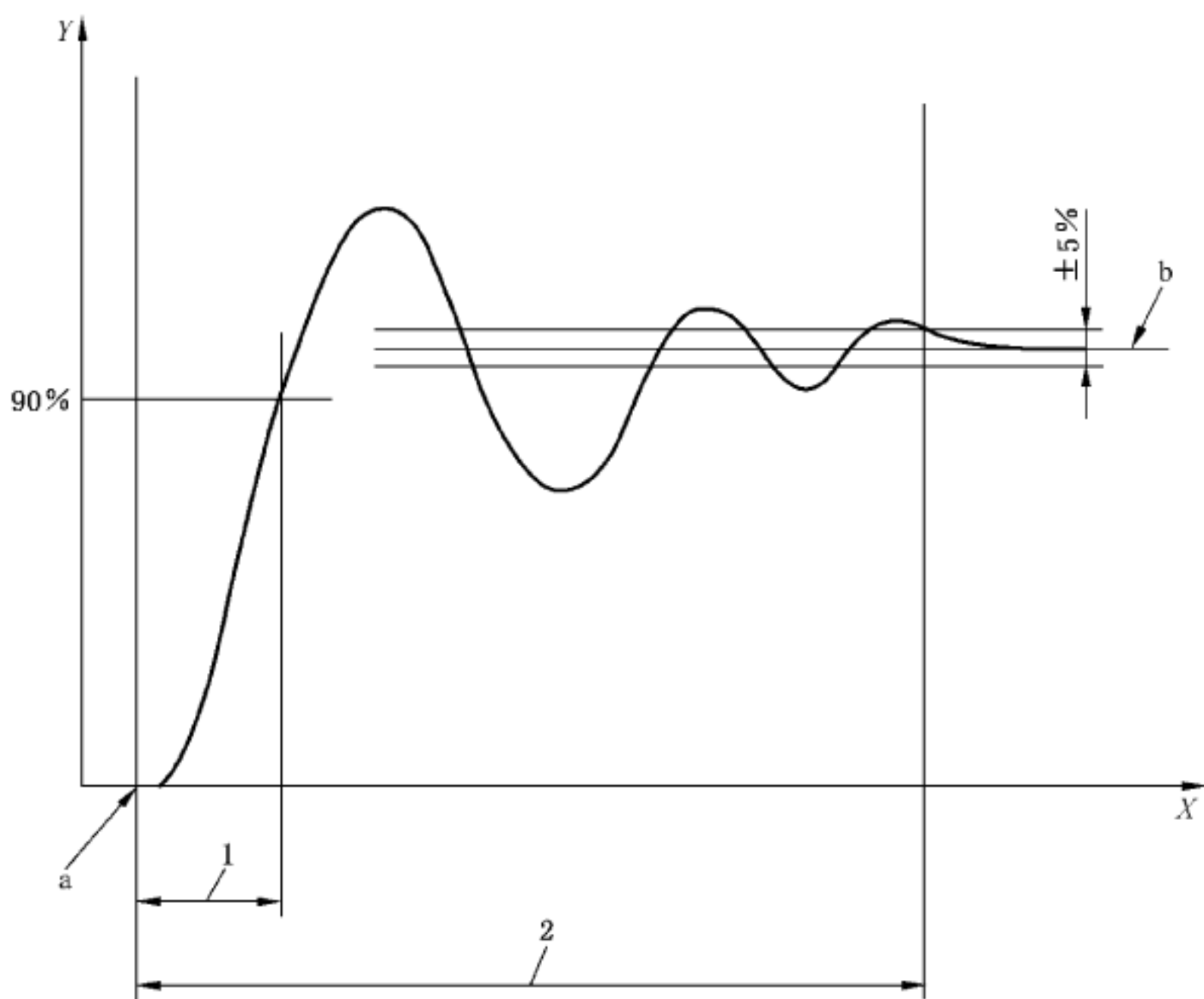
- |               |            |           |
|---------------|------------|-----------|
| 1——主油源；       | 7——数据采集；   | A——控制油口；  |
| 2——主溢流阀；      | 8——位置传感器；  | P——进油口；   |
| 3——外部先导油源；    | 9——阀控放大器；  | T——回油口；   |
| 4——外部先导油源溢流阀； | 10——信号发生器； | X——先导进油口； |
| 5——被试阀；       | 11——温度指示器； | Y——先导泄油口。 |
| 6——压力传感器；     | 12——压力表；   |           |

图 11 试验回路(可选择)——动态测试

8.3.3 阶跃响应-输入信号变化

8.3.3.1 设置

选择合适的示波器或其他电子设备,以记录被试阀控制流量和输入信号随时间的变化,见图 12。  
调整信号发生器产生一个方波,方波周期的持续时间足以使控制流量达到稳定。



说明：  
X ——时间；  
Y ——流量或阀芯位置；  
1 ——响应时间；  
2 ——调整时间；  
a ——起始点；  
b ——稳态流量。

图 12 阶跃响应-输入信号变化特性曲线

8.3.3.2 步骤

- 试验应按以下步骤进行：
- a) 对采用外部先导压力控制的多级阀,设置先导压力值为额定最大先导压力值的 20%。并分别在先导压力值为额定最大先导压力值的 50%和 100%下,重复进行动态试验；
  - b) 调节被试阀进油压力达到额定压降,使通过的流量是额定流量的 50%；
  - c) 设置信号发生器,使控制流量在表 3 中第 1 组试验开始、结束值之间阶跃变化；

表 3 阶跃信号函数

| 试验组号 | 额定流量的百分比 |         |
|------|----------|---------|
|      | 开始<br>%  | 结束<br>% |
| 1    | 0        | +10     |
|      | +10      | 0       |
| 2    | 0        | +50     |
|      | +50      | 0       |

表 3（续）

| 试验组号 | 额定流量的百分比 |         |
|------|----------|---------|
|      | 开始<br>%  | 结束<br>% |
| 3    | 0        | +100    |
|      | +100     | 0       |
| 4    | +10      | +90     |
|      | +90      | +10     |
| 5    | +25      | +75     |
|      | +75      | +25     |
| 6    | 0        | −10     |
|      | −10      | 0       |
| 7    | 0        | −50     |
|      | −50      | 0       |
| 8    | 0        | −100    |
|      | −100     | 0       |
| 9    | −10      | −90     |
|      | −90      | −10     |
| 10   | −25      | −75     |
|      | −75      | −25     |
| 11   | −10      | +10     |
|      | +10      | −10     |
| 12   | −90      | +90     |
|      | +90      | −90     |

- d) 信号发生器至少产生一个周期信号输出；
- e) 记录控制流量和信号随时间在正反方向变化的阶跃响应；
- f) 确保记录窗口显示完整的响应过程；
- g) 按表 3 中第 2 至 12 组 试验所给定值调整控制流量,重复步骤 a)至 e)。

8.3.4 阶跃响应-负载变化

该试验只适用于有内置压力补偿器功能的阀。

8.3.4.1 试验回路

采用 8.3.2 所述的试验回路进行试验。但在开始测试前,需要增加一个与流量传感器 10 串联的电加载阀。电加载阀的响应时间应小于被试阀响应时间的 30%。

8.3.4.2 设置

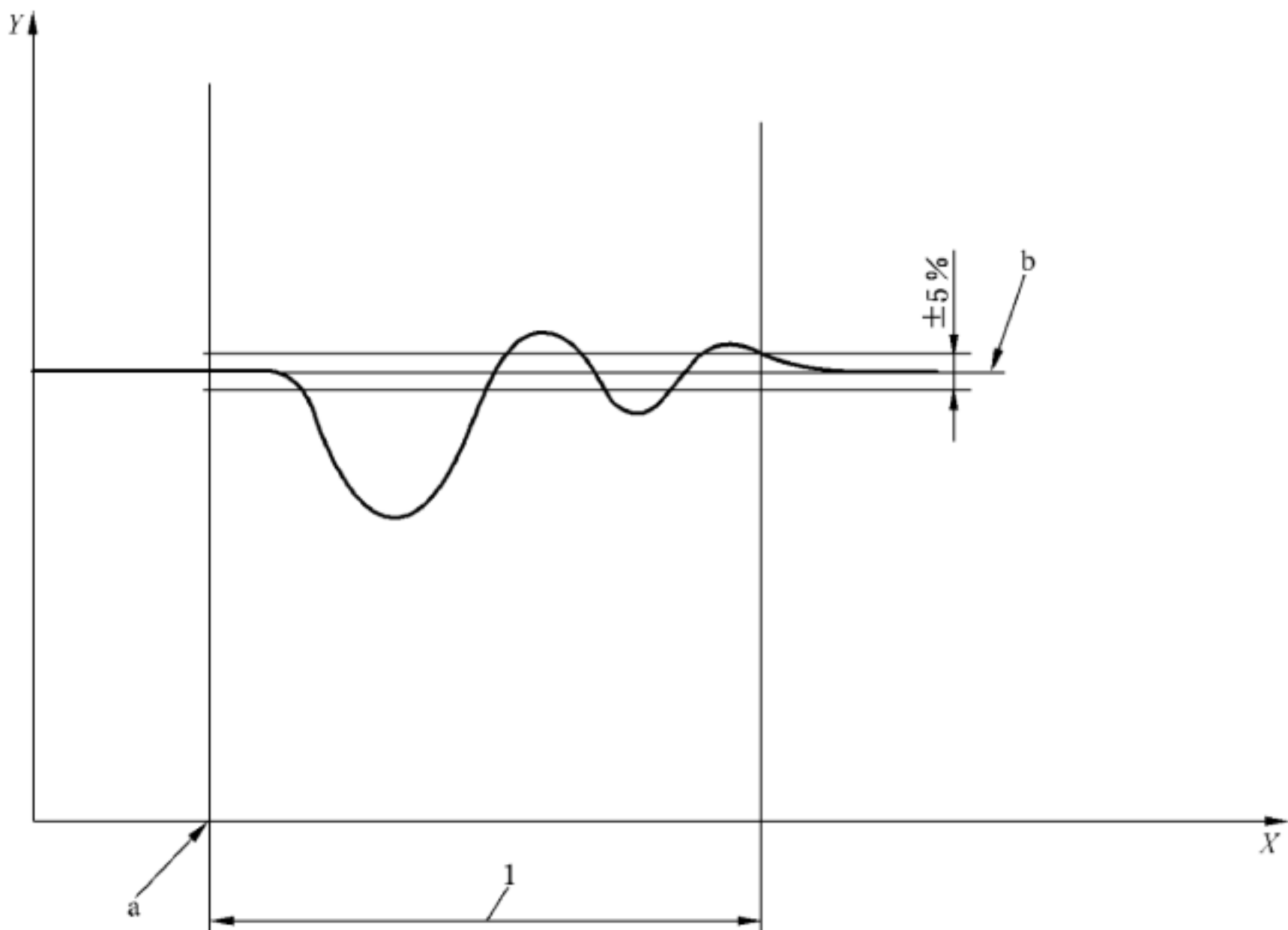
选择合适的示波器或其他电子设备,以记录由加载阀产生的被控流量和输入信号随时间变化的过

程,见图 13。

8.3.4.3 步骤

试验应按以下步骤进行:

- a) 对采用外部先导压力控制的多级阀,设置先导压力值为额定值的 20%。并分别在先导压力值为额定值的 50%和 100%下,重复进行动态试验;
- b) 调整被试阀的进油压力,在额定压力下增至最大值;
- c) 调整被试阀的输入信号和加载阀的信号达到 50%的额定流量,在负载压差值设定为最大负载压力的 50%时,使被试阀达到额定流量的 50%;
- d) 调整加载阀的信号值,使负载压差在设定最大负载压力的 50%至 100%之间变化。记录被控流量的动态特性,见图 13;
- e) 使负载压差在设定最大负载压力的 50%和尽可能最小值之间变化,重复上述测试。



说明:  
X ——时间;  
Y ——流量;  
l ——调整时间;  
a ——起始点;  
b ——稳态流量。

图 13 阶跃响应-负载变化特性曲线

8.3.5 频率响应特性

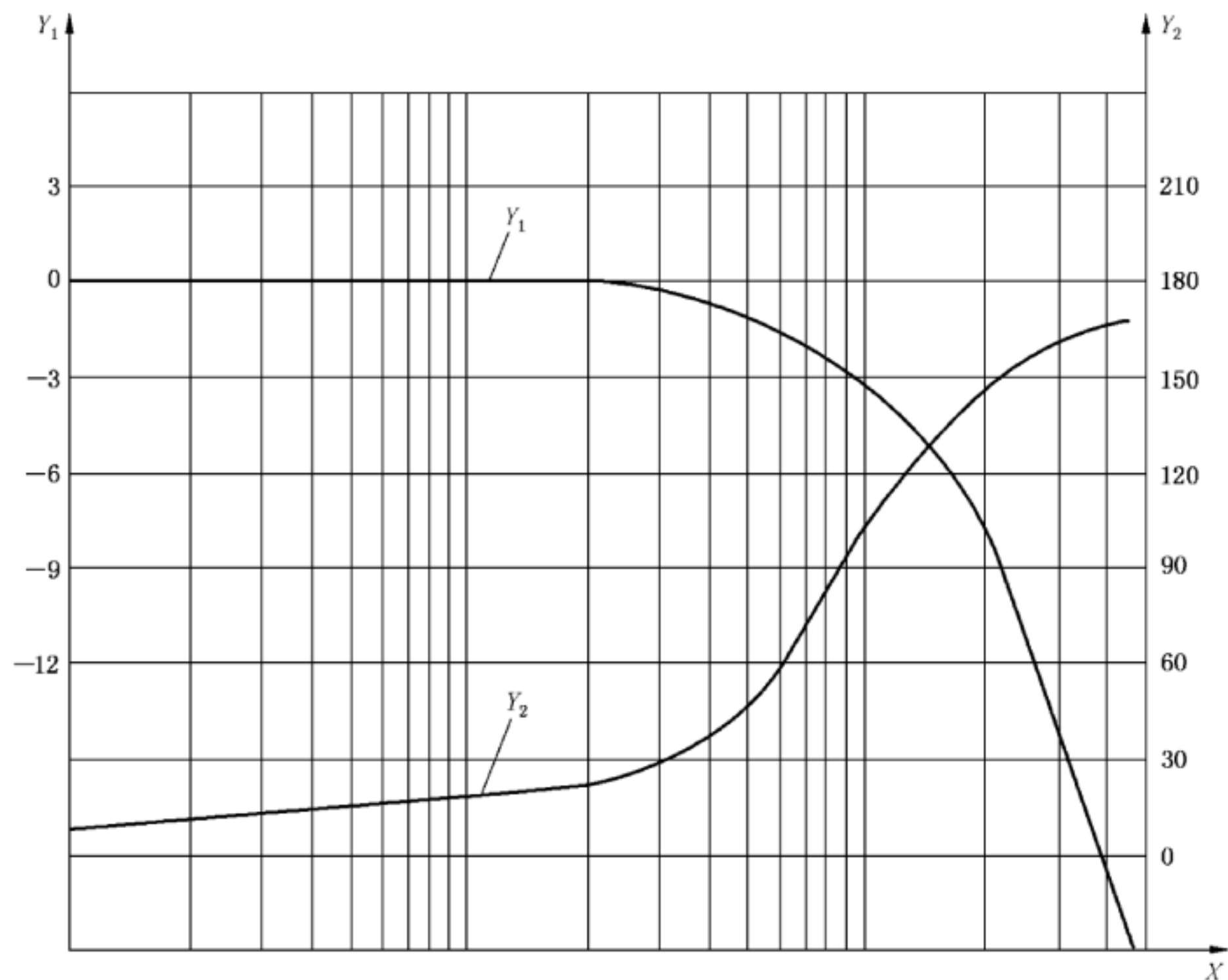
8.3.5.1 概述

试验目的是确定被试阀的电输入信号与被控流量之间的频率响应特性。

8.3.5.2 设置

选择合适的频响分析仪或其他仪器,应能测量两个正弦信号之间的幅值比和相位移。

连接好设备,测量被试阀输入信号和反馈信号之间的响应过程(见图 14)。



说明:

- $X$  —— 输入信号的频率;
- $Y_1$  —— 幅值比;
- $Y_2$  —— 相位滞后。

图 14 频率响应特性曲线

8.3.5.3 步骤

试验应按以下步骤进行:

- a) 对采用外部先导压力控制的多级阀,设置先导压力值为额定值的 20%。并分别在先导压力值为额定值的 50%和 100%的情况下,重复进行动态试验;
- b) 调整进油压力和阀的直流偏置信号,使阀通过额定流量的 50%,达到额定压降;
- c) 在直流偏置基础上叠加一个正弦信号,在稳态条件下,调整正弦信号幅值,使控制流量幅值为额定流量的 5%。可按 8.2.4 中试验方法确定。选择满足以下条件的频率测量范围:最小频率不大于相位滞后为 90°时的 5%频率;最大频率至少是相位滞后 180°的频率;或者是不能可靠地测量反馈信号幅值时的点值;
- d) 核实反馈信号的幅值衰减在相同的频率范围内至少为 10 dB;
- e) 以每十倍频 20 s 至 30 s 的速率,对正弦输入信号的试验频率从最低到最高进行扫频。在每次完整的扫频过程中,保持正弦输入信号的幅值始终不变;
- f) 在表 4 中列出的其他条件下,重复步骤 a)到 e)。

表 4 频率响应试验

| 阀类型  | 流量的偏置<br>% 的额定流量 | 流量幅值<br>% 的额定流量          |
|------|------------------|--------------------------|
| 零遮盖阀 | 0                | ±5<br>±10<br>±25<br>±100 |
|      | +50              | ±5<br>±10<br>±25         |
|      | -50              | ±5<br>±10<br>±25         |
| 正遮盖阀 | +50              | ±5<br>±10<br>±25         |
|      | -50              | ±5<br>±10<br>±25         |

9 压力脉冲试验

试验方法按 GB/T 19934.1 的规定。

10 结果表达

10.1 概述

试验结果应以下面任一种形式表达：

- a) 表格；
- b) 图表。

10.2 试验报告

10.2.1 概述

所有试验报告至少应当包括以下内容：

- a) 阀制造商的名称；
- b) 阀的型号和序列号；
- c) 如使用外置放大器,应注明放大器的型号和序列号；
- d) 阀在额定压降下的额定流量；
- e) 阀压降；
- f) 进油压力；

- 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 的要求);
- k) 额定输入信号;
- l) 线圈连接方式(例如串联、并联等);
- m) 如可用到的颤振信号的波形、幅值、频率;
- n) 各试验参数的允许试验极限值;
- o) 试验日期;
- p) 试验人员姓名。

### 10.2.2 出厂试验报告

阀出厂试验报告至少应包括以下内容:

- a) 绝缘电阻值(见 7.4);
- b) 最大内泄漏量(见 8.2.3);
- c) 输出流量—输入信号特性曲线(见 8.2.4);
- d) 输出流量—输入信号特性曲线的流量极性(见 8.2.4.4);
- e) 由输出流量—输入信号特性曲线得出的流量滞环(见 8.2.4.4);
- f) 流量增益  $K_v$  和测定增益时所用的压力(见 8.2.4.4);
- g) 流量线性度(见 8.2.4.4);
- h) 零位特征(见 8.2.4.4);
- i) 压力增益  $K_p$ (见 8.2.9);
- j) 阈值(见 8.2.5);
- k) 失效保护功能试验(在适用时)(见 8.2.11)。

附加的试验可包括:压力零漂与供油压力(两个或多个数据点)(见 8.2.10)、流量对称性(见 8.2.1)。

### 10.2.3 型式试验报告

阀型式试验报告至少应包括以下内容:

- a) 阀出厂试验报告的数据(见 10.2.2);
- b) 线圈电阻(见 7.2);
- c) 线圈电感(见 7.3);
- d) 输出流量—阀压降特性曲线(见 8.2.6);
- e) 极限功率特性试验的数据(见 8.2.7);
- f) 输出流量或阀芯位置—油液温度特性曲线(见 8.2.8);
- g) 压力零漂(见 8.2.10.3);
- h) 动态特性(见 8.3);
- i) 压力脉冲试验结果(见第 9 章);
- j) 在零部件拆解和目测检查后记录任何物理品质下降的详细资料。

## 11 标注说明

建议当制造商选择完全遵守本部分试验时,宜在试验报告、产品目录和销售文件中使用以下说明:  
“试验按 GB/T 15623.2—2017 的规定进行”。

附 录 A  
(资料性附录)  
试验实施指南

试验之前,被试阀的任何驱动放大器均需根据制造商的说明安装使用。

可使用信号发生器提供连续变化的输入信号,记录仪用来记录压力传感器和流量传感器所显示的相应压力和流量值。

注 1: 阀对输入信号产生的压力和流量响应也可采用逐点法由手动记录。另一个可选择的方法是用逐点法人工记录该压力和流量值。

注 2: 输入信号在半个试验周期内仅沿一个方向上升,而在另半个试验周期又沿另一个方向下降。这样的结果可以显现出来阀固有的滞环,使用自动信号发生器,可有效防止信号的误转换。

对于稳态试验,如果输出变化率比记录仪的响应慢,那么信号发生器产生的何种函数类型(如正弦、斜坡等)并不重要。记录仪宜具有将传感器和阀输入信号的幅值调整到合适尺度的功能,也包括使图中轨迹居中的方式。

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。

宜记录电气调整数据。

---

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
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方法  
GB/T 15623.2—2017

\*

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(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.org.cn

服务热线：400-168-0010

2017 年 11 月第一版

\*

书号：155066 · 1-58143

版权专有 侵权必究



GB/T 15623.2—2017