

UDC 629.12.061
U 57



中华人民共和国国家标准

GB 10844—89

船用电液伺服阀通用技术条件

General specification of electro-hydraulic
servo valve for ship

1989-03-31发布

1990-01-01实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国国家标准

船用电液伺服阀通用技术条件

GB 10844—89

General specification of electro-hydraulic
servo valve for ship

本标准参照采用ISO 6404—1985《液压传动——伺服阀——试验方法》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了船用流量控制伺服阀的术语、技术要求、试验方法和检验规则等。

本标准适用于以液压油为介质的各类船舶及海上装置用电液流量控制伺服阀。其他类型的伺服阀，如压力控制伺服阀、有级间电反馈的伺服阀亦可参照本标准。

2 引用标准

GB 786 液压及气动图形符号
GB 2423.16 电工电子产品基本环境试验规程 试验J：长霉试验方法
GJB 4.7 舰船电子设备环境试验 振动试验
GJB 4.8 舰船电子设备环境试验 颠簸试验
GJB 4.9 舰船电子设备环境试验 冲击试验

3 术语、符号与单位

3.1 术语

3.1.1 电液伺服阀 electro-hydraulic servo valve

输入为电信号，输出为液压能的伺服阀。

3.1.2 流量控制电液伺服阀 flow control electro-hydraulic servo valve

以控制输出流量为主的电液伺服阀。

3.1.3 级 stage

伺服阀中的液压放大器，伺服阀可以是单级、双级或三级。

3.1.4 压力增益 pressure gain

控制流量为零时，负载压降对输入电流的变化率（见图1）。

中国船舶工业总公司1989-03-27批准

1990-01-01实施

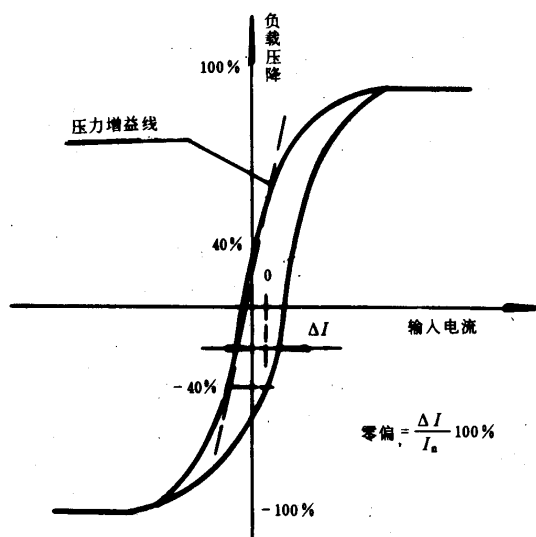


图 1 压力特性

3.1.5 零位 null

负载压降为零时，使控制流量为零的输出级相对几何位置。

3.1.6 零位区域 null region

零位附近，流量增益受遮盖和内漏等参数影响的区域。

3.1.7 分辨率 threshold

使阀的输出产生变化所需的最小输入电流之增量，以额定电流的百分比表示。

3.1.8 正向分辨率 resolution

沿着输入电流变化的方向，使阀输出产生变化所需的最小输入电流的增量。用其与额定电流的百分比表示。

3.1.9 反向分辨率 threshold

逆着输入电流变化的方向，使阀输出产生变化所需的最小输入电流的增量。用其与额定电流的百分比表示。

通常分辨率用反向分辨率来衡量。

3.1.10 零漂 null bias

因压力、温度等工作条件的变化而引起的零偏的变化，以额定电流的百分比表示。

3.1.11 内漏 internal leakage

阀控制流量为零时，从进油口到回油口的内部流量，它随进油口压力和输入电流的变化而变化（见图2）。

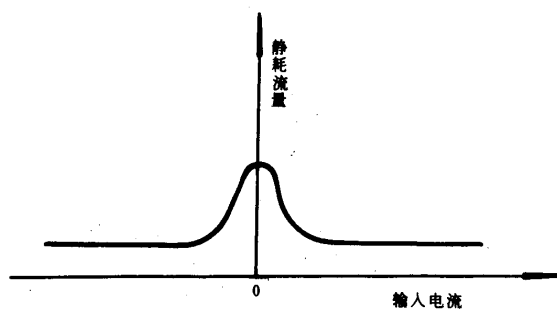


图 2 内漏曲线

3.1.12 控制流量 control flow

从阀的控制油口 (A 或 B) 流出的流量 (见图 3)。负载压降为零时的控制流量称为空载流量, 负载压降不为零时的控制流量称为负载流量。

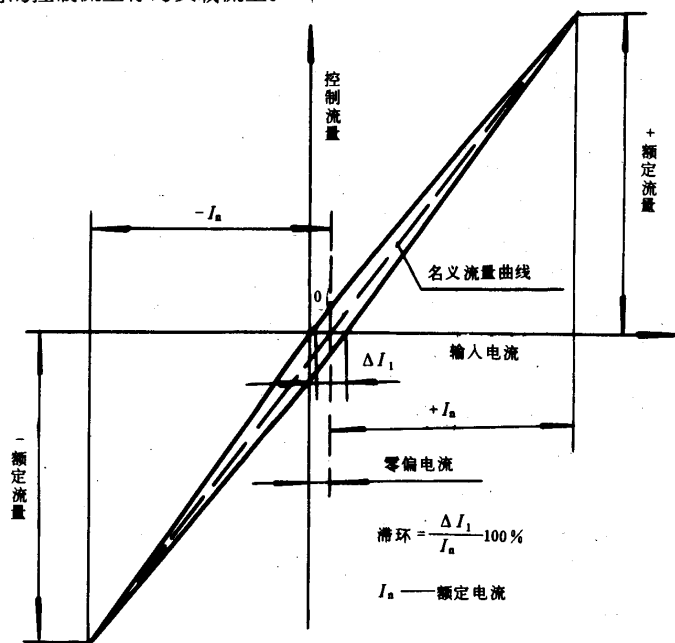


图 3 控制流量曲线

3.1.13 空载流量曲线 no load flow curve

空载控制流量随输入电流在正负额定电流之间作出的一个完整循环的连续曲线。

3.1.14 名义流量曲线 normal flow curve

流量曲线中点的轨迹。

3.1.15 流量增益 flow gain

流量曲线的斜率 (见图 4)。

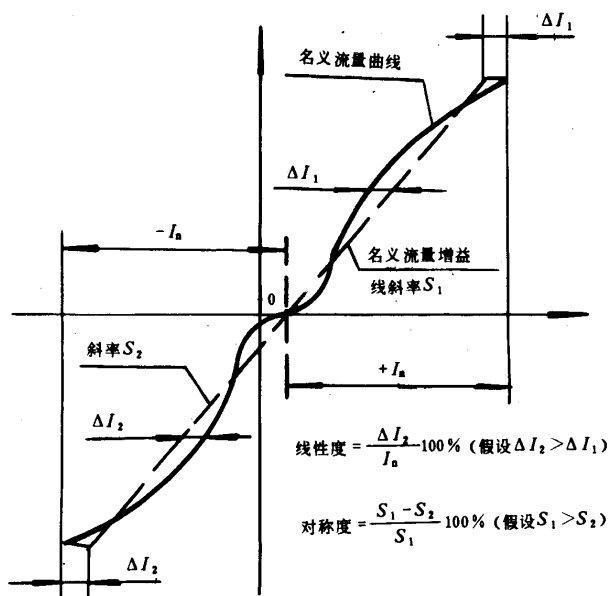


图 4 流量增益、线性度、对称度

3.1.16 名义流量增益 normal flow gain

从名义流量曲线的零流量点向两极性方向各作一条与名义流量曲线偏差最小的直线，为名义流量增益线。其斜率即为名义流量增益（见图 4）。

3.1.17 线性度 linearity

名义流量曲线的直线性。用名义流量曲线与名义流量增益线的最大偏差来衡量，并以额定电流的百分比表示（见图 4）。

3.1.18 对称度 symmetry

两个极性的名义流量增益一致的程度。用二者之差对较大者的百分比表示（见图 4）。

3.1.19 滞环 hysteresis

在正负额定电流之间，以小于测试设备动态特性起作用的速度循环，对于产生相同输出的往与返的输入电流之差的最大值，以其与额定电流的百分比表示为滞环。

3.1.20 遮盖 lap

滑阀位于零位时，固定节流梭边与可动节流梭边轴向位置的相对关系。

3.1.20.1 零遮盖 zero lap

二极名义流量曲线的延长线的零流量点之间存在的间隙（见图 5 a）。

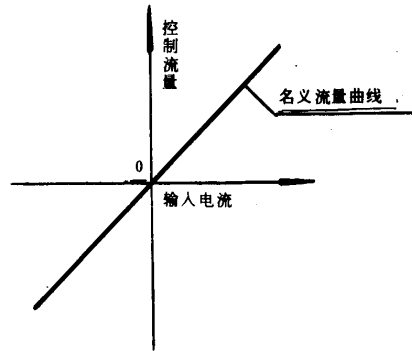


图 5a

3.1.20.2 正遮盖 over lap

在零位区域，导致名义流量曲线斜率减小的遮盖（见图 5 b）。

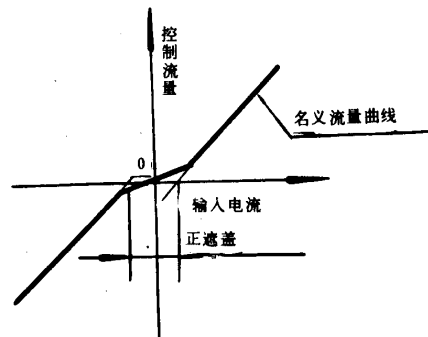


图 5b

3.1.20.3 负遮盖 uncovered lap

在零位区域，导致名义流量曲线斜率增大的遮盖（见图 5 c）。

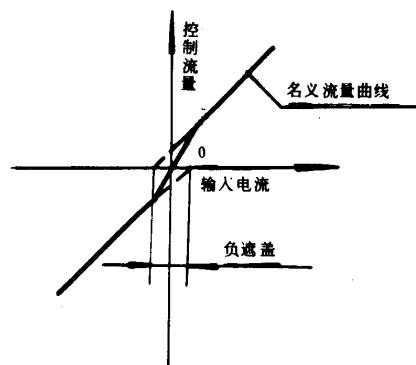


图 5c

3.1.21 频率响应 frequency response

当恒幅正弦输入信号在规定频率范围内变化时,控制流量对输入电流的复数比。

3.1.22 幅值比 amplitude ratio

在某频率范围内,控制流量幅值对正弦输入电流幅值比。

3.1.23 相位滞后 phase lag

在规定频率范围内,正弦输出跟踪正弦输入电流的瞬时时间差。在一个特定的频率下测量,以角度表示。

3.1.24 瞬态响应 transient response

阶跃输入时,输出的跟踪过程。

3.2 符号与单位

本标准中用的符号与单位列在表1中。

表1 符号与单位

参 数	符 号	单 位
线圈阻抗	Z	Ω
线圈电感	L	H
线圈电阻	R	Ω
励振幅值	—	mA
励振频率	—	Hz
输入电流	I	mA
额定电流	I_n	mA
控制流量	q_v	L/min
流量增益	k_v	L/(min·mA)
滞环	—	%
内漏	$q_{v_{in}}$	L/min
负载压降	$P_L = P_a - P_b$	MPa
供油压力	P_s	MPa
公称压力	$P_n = P_v + P = P_s - P_r$	MPa

续表 1

参 数	符 号	单 位
回油压力	P_r	MPa
控制压力	P_a 或 P_b	MPa
伺服阀压力降	$P_v = P_s - P_r - P_L$	MPa
压力增益	S_v	MPa/mA
分辨率	—	%
幅值比	—	dB
相位滞后	—	(°)

4 技术要求

4.1 机械部分

4.1.1 伺服阀的安装孔和通油口尺寸按图 6 和表 2 规定。通油口的代号应在阀体外部清楚标出。

进油口 P
回油口 R
控制口 A A
控制口 B B

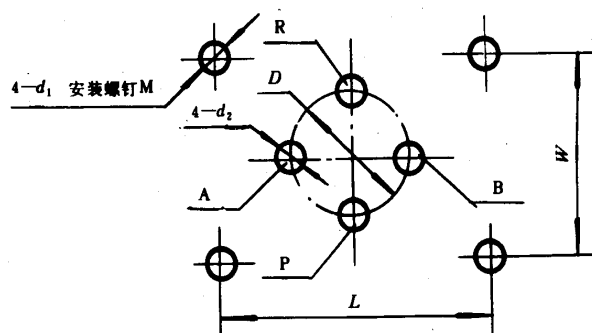


图 6

表 2 伺服阀安装孔与通油口尺寸

mm

规格	L	W	D	d_1	$d_2^{1)}$	$M^{2)}$
1	24	26	12	4.5	3.5	4
2	43	34	16	5.5	5	5
3	43	34	20	5.5	8	5
4	44	65	22	8.5	8.2	8
5	51	44	25	6.5	10	6
6	70	46	28	6.5	6	6
7	89	44	35	8.5	13	8
8	73	86	51	10.5	16	10

注：1) d_2 指最大值。2) M 为安装螺钉尺寸。**4.1.2** 所有螺纹连接零件，均应牢固地锁紧，产品应加铅封。**4.1.3** 用于产品的材质、成品件、零件和部件，均应经严格检验，并有合格证。内部金属零件不宜使用任何镀层。**4.1.4** 外观：产品表面不应有压伤、毛刺、裂纹、锈蚀及其他缺陷。**4.2** 电气部分**4.2.1** 力矩马达线圈的连接方式、插座针标号、外引出线的颜色及输入电流的极性按表 3 规定。

表 3

线圈连接方式、 插座针标号	单线圈	串 联	并 联	差 动
外引出导线 颜 色	绿、红、黄、蓝	绿、红、黄、蓝	绿、黄、红、蓝	绿、红、黄、蓝
控制电流的正极性	2 ⁺ 1 ⁻ 或 4 ⁺ 3 ⁻	2 ⁺ 3 ⁻	2 ⁺ 1 ⁻	当 1 ⁺ 时， 1 到 2 < 1 到 3 当 1 ⁻ 时， 2 到 1 > 3 到 1

4.2.2 20℃时的电阻为线圈的名义电阻值。线圈电阻公差为名义电阻值的±10%，同一台阀中配对的线圈电阻差值不大于名义电阻值的5%。**4.2.3** 线圈对阀体及线圈之间的绝缘电阻，在标准试验条件下，应不小于50 MΩ。在温度、冲击、盐

雾、霉菌试验后及湿热、高温试验时，不小于 5 M Ω 。

4.2.4 伺服阀绝缘介质强度是指线圈之间，线圈与阀体之间，在 50 Hz 频率下，按表 4 规定的交流电压，历时 1 min 不应击穿。寿命期内一台阀最多经受 4 次测试。

表 4

状 态	高 温 下	湿热试验后 (湿热条件下)	寿命试验后
电压, V	500	375	250

4.2.5 推荐过载电流为额定电流的两倍。

4.3 液压部分

4.3.1 一般在伺服阀进油口前安装名义过滤精度不低于 10 μm 的滤器。工作液的污染微粒不超过表 5 的规定。

表 5

抽样量, mL	100				
微粒尺寸, μm	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 100	> 100
微粒数目, 个	32 000	5 700	1 012	180	32

4.3.2 伺服阀在各种使用条件下和整个工作期内不得有明显的外部泄漏（允许不成滴的湿润存在）。

4.3.3 超压密封性是在伺服阀的进油口“P”和二控制口“A”和“B”经受 1.5 倍公称压力；回油口“R”经受公称压力或公称压力的某个百分比压力的作用，各保持 2.5 min。试验后，须检查额定流量、滞环和零偏，应符合 4.4.2、4.4.5 和 4.4.9 要求。

4.3.4 破坏压力是以 2.5 倍公称压力施加进油口“P”和控制口“A”，“B”；以 1.5 倍公称压力施加于回油口“R”，各保持 30 s，伺服阀不应破坏，但不要求恢复工作性能。经破坏压力试验后的阀，不允许作产品使用。

4.3.5 压力脉冲是伺服阀在严峻工作条件下的寿命试验，要求与性能允差应在专用技术条件中规定。经历压力脉冲试验的阀一般不作产品使用。

4.4 稳态特性

4.4.1 输入正极性电流时，液流从控制口“A”流出，由控制口“B”流入回油口，规定为正流量极性。

4.4.2 额定流量允差为 $\pm 10\%$ 。

4.4.3 线性度不大于 7.5%。

4.4.4 对称度不大于 10%。

4.4.5 滞环不大于 5%。

4.4.6 分辨率不大于 1%。

4.4.7 压力增益应在 $\pm 40\%$ 最大负载压降范围内，负载压降对输入电流的平均斜率来表示。一般输入电流变化 1% I_n ，负载压降应超过最大负载压降的 30%。

4.4.8 零遮盖允差为 $+2.5\% \sim -2.5\%$ 。

4.4.9 阀的零偏，在标准条件下测定，验收试验时不大于 2%，寿命期内不大于 5%。

4.4.10 供油压力在 80% ~ 110% 公称压力范围内，零漂不大于 2%。

4.4.11 回油压力在 $0 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 范围内, 零漂不大于 2% 。

4.4.12 温度零漂是工作液温度变化为 56°C 时, 零漂不大于 2% ; $-30 \sim 90^\circ\text{C}$ 范围内, 零漂推荐不大于 4% 。

4.5 动态特性

4.5.1 频率特性

频率特性应在标准试验条件下测定。建议输入电流的峰间值为 50% 额定电流时测定。通常用对数特性表示 (见图 7), 用幅频宽和相频宽来度量。

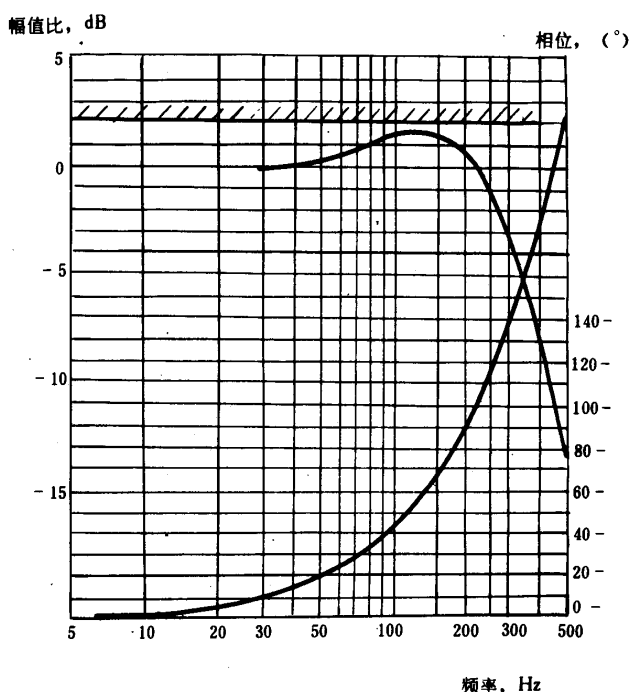


图 7 频率特性

4.5.1.1 幅频宽

保持正弦输入电流峰间值恒定条件下, 控制流量对某一低频时控制流量的幅值比, 随频率增高而衰减 -3 dB 时所对应的频率, 即为幅频宽。

4.5.1.2 相频宽

控制流量对正弦输入电流相位滞后 90° (或 45°) 时所对应的频率, 为相频宽。

4.6 环境条件

4.6.1 温度

4.6.1.1 伺服阀应能在 $-30 \sim +60^\circ\text{C}$ 环境温度和 $-30 \sim +90^\circ\text{C}$ 工作液温度范围内工作。特殊要求在专用技术条件中规定。

4.6.1.2 在环境温度和工作液温度均为 -30°C 时, 伺服阀应能在 $\pm 50\%$ 额定电流下启动, 试验时检查外部密封性, 应符合 4.3.2 要求。

4.6.1.3 在工作液低温 -30°C 到高温 90°C 范围内, 要求保证伺服阀的性能。高温和低温试验时, 只检测额定流量 (公差 $\pm 25\%$), 分辨率 (2%) 或滞环 (6%), 高温下的绝缘电阻和介质强度及外部密

封性应符合4.2.3、4.2.4和4.3.2要求。

4.6.1.4 温度冲击：伺服阀经受图8所示的温度冲击三次循环后，检查绝缘电阻和零偏，应符合4.2.3和4.4.9要求。

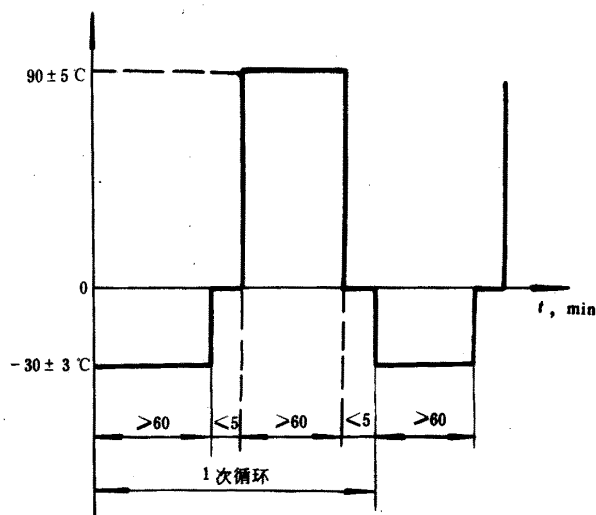


图8 温度冲击图

4.6.2 湿热

伺服阀在高温 40 ± 2 °C、相对湿度 $(93 \pm 3)\%$ 条件下，和常温 25 ± 2 °C、相对湿度95%~100%条件下，交替进行四个周期的湿热试验，每个周期为24 h，试验后在湿热条件下检测绝缘电阻和介质强度应符合4.2.3和4.2.4要求。其外观质量要求：

- 色泽无明显变暗；
- 镀层腐蚀面积不大于3%；
- 主金属无腐蚀。

在通常电镀条件下不易或不能镀到的表面，一般不作腐蚀面积计算。

4.6.3 盐雾

伺服阀应在 35 ± 2 °C，酸碱值pH为6.5~7.2的盐溶液喷射中经96 h盐雾试验（四个周期）。试验后，检查绝缘电阻应符合4.2.3要求。其外观质量要求：

- 色泽无明显变暗或镀层布有均匀连续的轻度膜状腐蚀；
- 镀层腐蚀面积不大于6%；
- 主金属无腐蚀。

在通常电镀条件下不易或不能镀到的表面，一般不作腐蚀面积计算。

4.6.4 霉菌

伺服阀应在28~30 °C，相对湿度95%~99%的霉菌箱中经28d周期的霉菌试验后，长霉程度不劣于GB 2423.16的2级，并检查绝缘电阻应符合4.2.3要求。

4.6.5 振动

伺服阀按GJB 4.7中试验等级表中的2类的参数，进行共振检查、稳定性和耐振试验。试验中不得有影响工作性能的谐振，零部件不得松动和损伤。并在试验中监测伺服阀的零偏应符合4.4.9中要求。

4.6.6 颠簸

伺服阀按GJB 4.8中试验等级1或2级（或专用技术条件规定）的参数进行颠簸试验，并检查绝缘电阻、额定流量、滞环和零偏应符合4.2.3，4.4.2，4.4.5和4.4.9要求。

4.6.7 冲击

伺服阀按GJB4.9的参数在轻型标准冲击台上进行冲击试验，试验后零部件应无松动和损坏，并检查绝缘电阻、额定流量、滞环和零偏应符合4.2.3，4.4.2，4.4.5和4.4.9要求，试验等级选择由专用技术条件规定。

4.7 耐久性

伺服阀的设计寿命，在5年内累计应不低于表6中的规定，其中3年为装在船舶设备上正常维护使用期限，其余为运输和库存。

伺服阀的平均无故障运行时间MTBF应符合专用技术条件要求。样机试制后应经耐久性的考核，在标准试验条件下，以额定压力和峰间值为额定电流的正弦波输入进行 10^7 次循环耐久性试验。其中半数为空载，半数为封闭负载。信号频率不超过相频宽的 $1/5$ 。耐久性试验后，额定流量允差为 $\pm 25\%$ ，滞环不超过 6% ，零偏不大于 5% ，绝缘介质强度应符合4.2.4要求。

表 6

产 品 等 级	优 等 品	一 等 品	合 格 品
设计寿命, h	5 000	3 000	1 000

4.8 抗污染

伺服阀按表7规定的工作液污染级别下，以公称压力和电流信号为正弦波，频率为 $5 \sim 10\text{Hz}$ ，经10h连续运行试验，应不发生堵、卡、漂等故障。性能不低于耐久性试验后的要求。

表 7

采样量, mL	100				
微粒尺寸, μm	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 100	>100
微粒数目, 个	64 000	11 400	2 025	360	64

5 试验一般要求

5.1 标准试验条件

环境温度： $20 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$

过滤精度： $10\mu\text{m}$

工作液进口温度： $40 \pm 6\text{ }^\circ\text{C}$

液体类别：按4.3.1规定

供油压力：公称供油压力+回油压力

回油压力：不超过 5% 公称供油压力

湿度：相对湿度 $10\% \sim 90\%$

5.2 试验设备

典型的稳态试验装置如图9。

推荐采用液压缸测量流量，亦可在回油路上装流量计测量流量。

试验推荐采用连续绘图法，也可用逐点测量法。

典型的动态试验装置回路如图10和图11所示，油源部分可与稳态试验装置的油源相同。

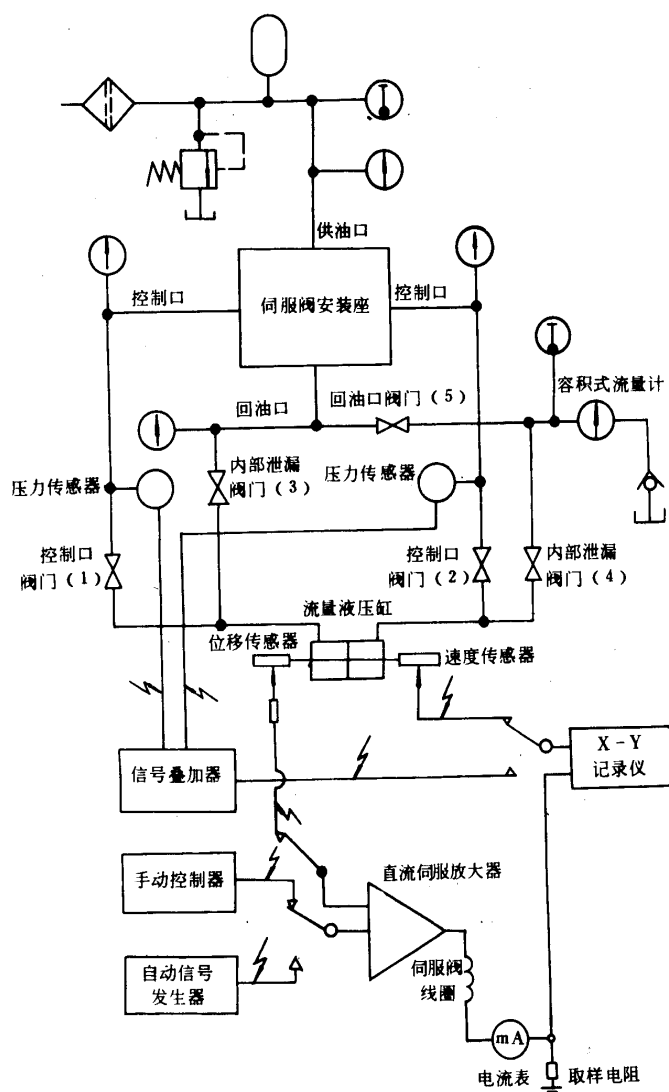


图 9 稳态试验线路图

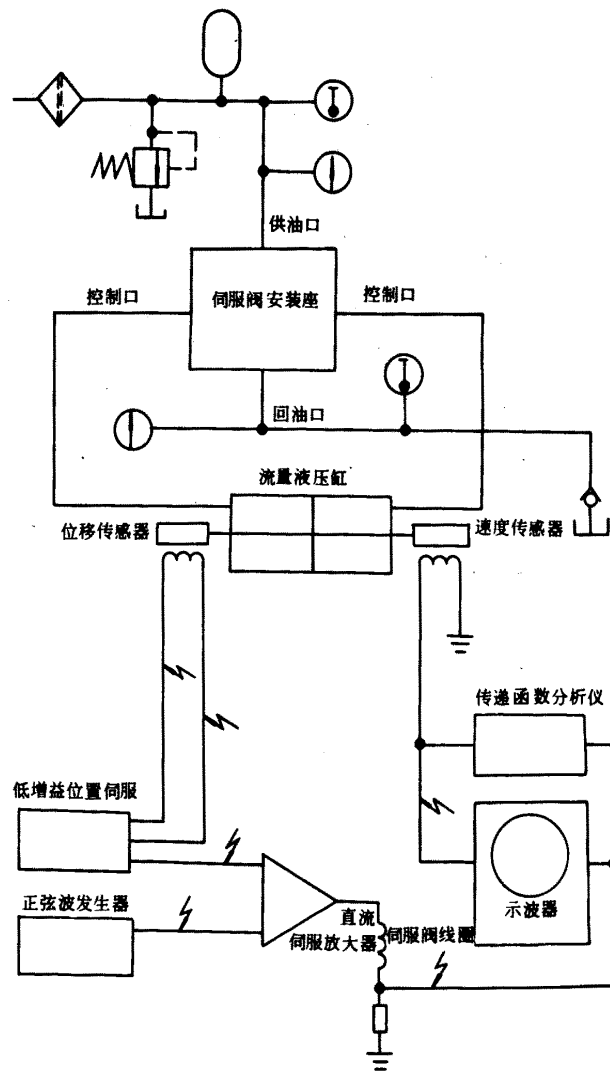


图 10 频率响应试验线路图

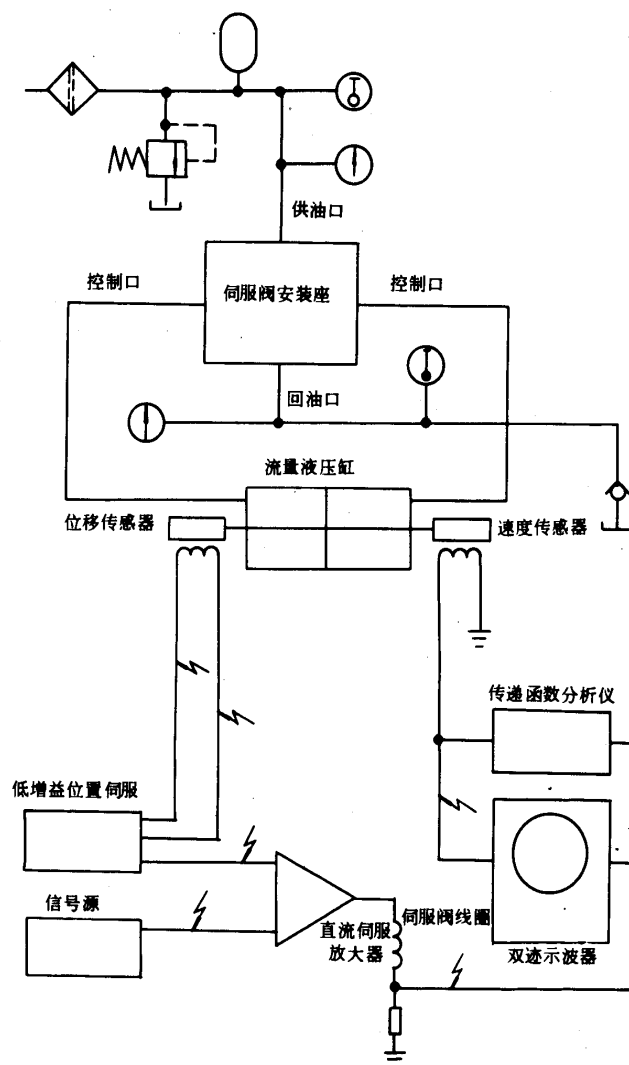


图 11 瞬态响应试验线路图

5.2.1 试验设备的一般要求

- a. 信号电流电源的输出电流信噪比不应大于0.1%；
- b. 液压管路要尽量短，弯头越少越好，导管流通面积要足够，管路和台架合理布置，使试验台的机械和液压振动尽量小；
- c. 伺服阀的安装座应有足够的刚度，阀座表面平直光滑、无划痕，表面粗糙度不低于 $R_a 0.8 \mu\text{m}$ ；
- d. 手控阀在关闭时应确保无泄漏；
- e. 压力传感器的安装部位应尽量靠近伺服阀；
- f. 试验台应保持清洁，尽量避免油液污染，伺服阀入口处前要安装名义过滤精度不低于 $10 \mu\text{m}$ 的滤器。工作液工作500 h后，要抽样化验合格；

- g. 试验台流量计内漏要小, 零位死区要小, 流量计的压降不应大于 2 % 公称供油压力;
- h. 测试仪器、仪表应与测试范围相适应, 其精度应与被测参数的公差相适应, 一般要求仪表精度与被测参量的允差之比不大于 1 : 5。

5.2.2 动态试验装置的要求

- a. 伺服阀和动态液压缸之间的连接管路容积要小, 油路要短;
- b. 动态液压缸的运动部件要质量轻, 运动副要摩擦小;
- c. 液压缸内外泄漏要很小;
- d. 液压缸固有频率应远远大于被测伺服阀的频宽。

6 电气试验

6.1 绝缘电阻试验

6.1.1 绝缘电阻测试

伺服阀线圈和阀体间: 四引出线, 双线圈阀, 还应测试线圈间的绝缘电阻。将线圈出线连在一起, 在接头与阀体间用 500 V 兆欧表测绝缘电阻。测试中, 不必向阀供油, 若电气元件与油接触的, 则要给阀注满油。

6.1.2 绝缘介质强度试验

施加一个 500 V 直流电压和五倍于阀线圈上可能出现的最高电压中的大者, 于阀线圈和阀体间, 持续 1 min, 线圈不应击穿。

双线圈结构的阀, 还要测试线圈间的绝缘介质强度。

6.2 线圈电阻

因线圈电阻与温度有关, 应有足够时间使线圈稳定到室温。

用一个精确度为 $\pm 2\%$ 的电气测试仪表测量每个线圈的电阻。测试时不必供压力油。

6.3 线圈阻抗和电感试验

6.3.1 测量线圈阻抗和电感 (双线圈结构, 线圈应串联), 应在标准试验条件下进行。

6.3.2 连接一个合适的振荡器驱动整个伺服阀线圈, 这个线圈上串接一个高精度的非电感电阻, 如图 12 所示。

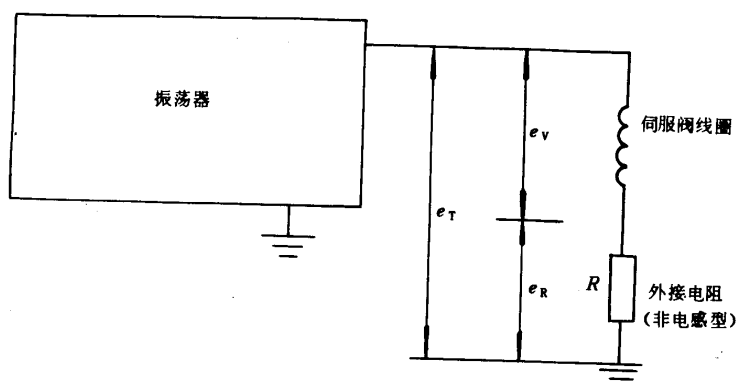


图 12 伺服阀线圈阻抗试验

6.3.3 将振荡器频率调到 60 Hz。输入电流调整到峰间值为额定电流值。

6.3.4 用一个示波器监视在电阻 R 上的电压波形是否正弦波。

6.3.5 测量交流峰值电压 e_R , e_T 和 e_V , 画出如图 13 所示的电压关系图来。

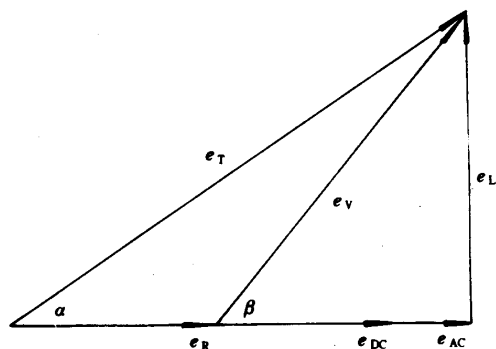


图 13 电压矢量图

e_L —力矩马达线圈电感引起的电压降； e_{DC} —直流电阻引起的电压降； e_{AC} —与反电势相关的附加同相电压降

6.3.6 从图13中确定：

相位角 β

$$\text{线圈阻抗 } Z = R \cdot \frac{e_V}{e_R}$$

$$\text{视在电感 } L = \frac{R}{2\pi f} \cdot \frac{e_L}{e_R}$$

7 稳态试验

7.1 稳态试验总要求

7.1.1 稳态试验回路图如图9所示，自动信号发生器应能提供连续的对称三角波信号，提供信号的速度应低于测试记录系统的响应速度。手动控制器（见图14），不用转换开关，应能手调信号慢慢地从正到负来回变化，信号幅值可调。

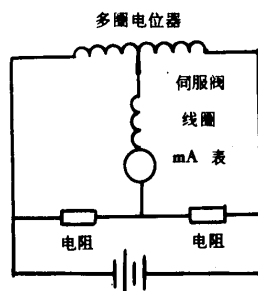


图 14 手动控制器示意图

7.1.2 伺服阀固定在安装座后，向伺服阀供压力油，空载情况下在正负额定电流之间循环若干次，排除系统中空气并使工作油液温度稳定下来。

7.1.3 线圈连接方式：串联。

7.2 耐压试验

在进行其他动稳态试验前，需先进行此项试验。

7.2.1 供油耐压试验

- a. 打开回油口阀⑤；
- b. 关闭两控制口阀①、②；
- c. 调整伺服阀供油压力到1.5倍公称压力。

在正额定电流下维持此压力2.5 min；电流反向，在负额定电流下，再维持此压力2.5 min（产品验收试验可减为各0.5 min）。

在此试验中不应有外部渗漏和永久性变形。

7.2.2 回油耐压试验

- a. 关闭回油口阀门；
- b. 关闭控制口阀门和内漏阀门；
- c. 调整伺服阀供油压力到公称压力或某个百分比的压力；
- d. 在正额定电流下维持此压力2.5 min，在负额定电流下，再维持此压力2.5 min（产品验收试验可各减为0.5 min）。

在此试验中不应有外部渗漏和永久性变形。

7.3 压力增益试验

- a. 关闭两个控制口阀①、②；
- b. 开启回油口阀⑤；
- c. 调整供油压力到被试阀的额定压力；
- d. 将输入电流慢慢循环几次；
- e. 输入电流接记录仪X轴上，负载压降（通过压力传感器及动态应变仪等转化为电信号）接Y轴；
- f. 检查记录仪两个标尺的零位及放大倍数；在记录纸上画出X、Y轴的零位；
- g. 调整自动信号发生器，输出足够大的正负信号幅值，使之可产生全部正负负载压降；
- h. 让输入信号连续循环，保证画笔运动不受限制。记录时循环速度要低；
- i. 放下画笔，记录一个完整的连续曲线；
- j. 压力增益测试结果的计算：取 $\pm 40\%$ 最大负载压降范围内负载压降对控制电流的平均斜率。

7.4 空载流量特性试验

流量测试时，推荐使用液压缸，若使用其他流量计时参照如下执行：

- a. 打开回油口阀⑤；
- b. 打开两个控制口阀①、②，并关闭内部泄漏阀③、④；
- c. 调整伺服阀的供油压力到公称供油压力 P_n ；
- d. 将输入电流循环几次；
- e. 输入电流接记录仪X轴，空载流量（通过速度传感器转化为电信号）接在Y轴上；
- f. 将输入信号调整在正负额定电流 I_n 之间，当输入信号为零时，活塞应在液压缸的某一端；
- g. 调整好记录仪的放大倍数及零位（测量液压缸不应撞缸），在记录仪上画出X轴和Y轴的零位；
- h. 让输入信号缓慢连续循环，要使画笔运动自如，以确保记录仪及流量计等的动态影响可忽略；
- i. 放下画笔，记录一个完整的循环曲线，即为空载流量特性曲线。

缩小输入信号幅值到一定值，扩大X及Y轴放大倍数，重复上述试验即可获得反映滑阀遮盖的零区流量特性曲线。

7.4.1 有关稳态参数的计算

a. 零偏

取零流量时流量曲线两侧之中点的电流值与额定电流的百分比。还可从压力特性曲线上获得此值，零偏的精确测量方法见7.7.1。

b. 额定流量

取曲线上对应于 $\pm I_n$ (不包括零偏电流)的正负流量。

为减小供油压力波动的影响,允许在公称压力时,在 $+I_n$ 及 $-I_n$ (不包括零偏电流)各点测两个流量值,测额定流量;

c. 滞环

取流量曲线上最大回线宽度处相同流量所对应的电流差值与额定电流的百分比;

d. 线性度

取名义流量曲线对名义流量增益线流量的最大偏差与额定电流的百分比 (见图4);

e. 对称度

取一极性的名义流量增益与另一极性名义流量增益之差跟两者中的大者的百分比 (见图4)。

7.5 内漏试验

a. 关闭两只控制口阀①、②;

b. 打开内部泄漏阀③、④;

c. 关闭回油口阀⑤。

若内泄流量计装在回油路上 (见图9), 将回油口阀门⑤开启, 关闭①、②、③、④;

d. 调整供油压力到公称供油压力 P_n ;

e. 输入电流接X轴, 回油管路流量接Y轴;

f. 校核X轴和Y轴的零位, 同时在记录纸上画出X、Y两轴的零位;

g. 使自动信号发生器产生最大幅值为 $\pm I_n$ 的输出;

h. 连续循环输入信号, 使画笔运动自如, 记录速度要慢, 以消除记录仪的动态影响, 并保证零位附近的内漏变化能全部精确地记录下来;

i. 放下记录笔, 记下半个周期的内漏特性曲线 (可开始于 $+I_n$, 也可开始于 $-I_n$)。

泄漏流量流向始终是一个方向, 要防止流量液压缸撞缸。

7.6 分辨率试验

7.6.1 零区正反向分辨率试验

a. 重复7.3条压力增益a.~d.步骤;

b. 施加一个极性方向的小输入电流直到两控制口压力相等, 记下输入电流值; 在同一极性方向慢慢施加更小的信号 (避免动态影响直到两控制口压力值变化, 记下电流值与控制口压力的读数。两次电流值的代数差即是零位区域正向分辨率的测量值;

c. 慢慢使输入信号反向直到控制压力反向变化, 记下此电流值。最后记录的两个电流值的代数差即是零区反向分辨率的测量值。

7.6.2 零区外正反向分辨率试验

换上灵敏度高的 (流量不可太小) 流量计。

a. 同时打开回油口阀⑤, 两个控制口阀①、②, 并关闭内部泄漏阀③、④;

b. 调整供油压力到公称供油压力 P_n ;

c. 循环输入电流;

d. 施加一极性的小输入电流 (约10%额定电流), 记录电流值;

e. 在同一极性方向慢慢施加一个更小的电流信号 (避免动态影响) 直到流量计读数变化, 记下此电流值, 最后记录的两个电流值的代数差即为伺服阀的零区外正向分辨率的测量值;

f. 慢慢使输入信号减小, 直到流量计数发生变化, 记下此电流值, 最后记录的两个电流值的代数差即为伺服阀的零区外反向分辨率的测量值;

g. 在正负10% I_n 之间各点分别重复上述试验, 得到一系列正反向分辨率量值。其中最大的值与额定电流的百分比即为分辨率的量值。

产品验收试验允许在正10% I_n 这一点上, 只测取反向分辨率的测量值作为分辨率的测量值。

7.7 零偏、零漂试验

首先校正好阀的零位，零偏的精确测试方法如下：

7.7.1 零偏试验

- 打开回油口阀⑤，关闭控制口阀①、②；
- 调整供油压力到公称压力 P_n ；
- 施加输入电流 $+I_n$ ，然后缓慢将输入电流减小到零；继续到负的额定电流 $-I_n$ ；
- 为消除滞环，须继续缓慢在正负电流之间循环输入电流；同时逐步减小最大电流值。当用此法将电流减为零时，记下各控制口的压力；
- 缓慢施加一个适当输入电流将阀调到零位（即使得两控制口压力相等，记下电流值）；
- 停止和反向施加输入电流，直到两控制口压力再次相等，记下输入电流值；
- 零偏电流是上述两次电流值的平均值。

这种测法避免了阀的零位反向分辨率和滞环的影响。

7.7.2 供油压力零漂试验

紧接在7.7.1试验后，否则先重复7.7.1的试验，再开始下面步骤：

- 调整供油压力，供油压力变化范围按4.4.10规定（建议取5点以上）；
- 在每一个供油压力值下，重复7.7.1的e.、f.、g.步骤，以获得各相应的零偏电流，并算出各零偏值；
- 画出各供油压力下的零偏变化曲线，其中最大的零偏值即为供油压力零漂（见图15）。零漂试验装置可参考图16，以下同。

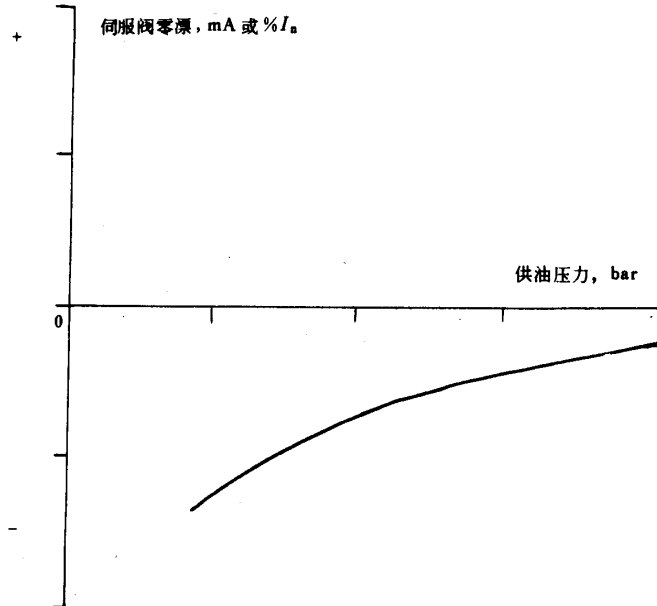


图 15 供油压力零漂

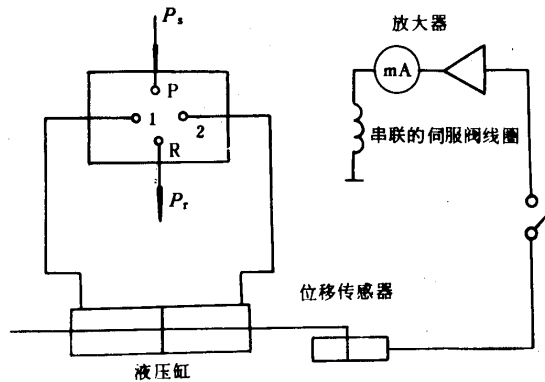


图 16 零漂试验装置

7.7.3 回油压力零漂试验

紧接在7.7.1后测试，否则先重复7.7.1试验，再开始下面步骤：

- 缓慢关闭回油口阀门⑤，以建立回油变化的压力，回油压力变化按4.4.11规定或产品技术条件中规定（建议取5点以上）；
- 在各个回油压力值下，重复7.7.1的e、f、g步骤，以获得各相应的零偏电流，并算出各零偏值；
- 画出各回油压力下的零偏变化曲线，其中最大的零偏即为回油压力零漂（见图17）。

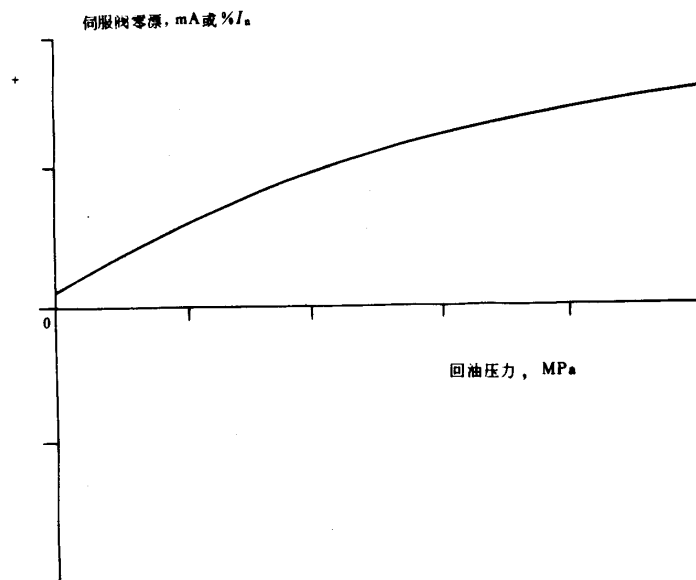


图 17 回油压力零漂

7.7.4 温度零漂试验

允许与高低温试验一起进行，零偏测试可用7.4流量曲线法或7.3压力增益曲线法来测。

- 未供油时，让输入信号在正负额定电流之间缓慢循环，同时逐步减小输入信号幅值直到零；
- 调整供油压力到公称压力 P_n ；

c. 油温变化范围按4.4.12规定。

建议每隔10℃为一点，各测一次零偏（通常在油液最低温度到最高温度之间变化）；

d. 画出零偏对温度的曲线，其中最大的零偏即为温度零漂（见图18）。

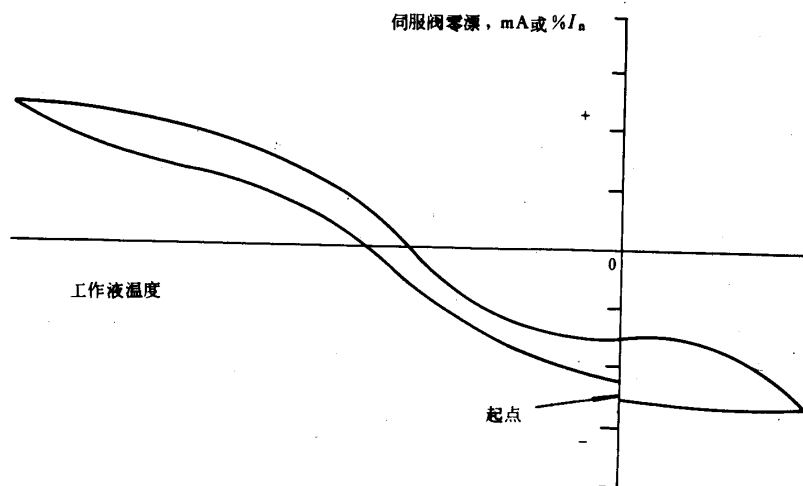


图 18 温度零漂

7.8 负载流量特性试验

以下试验用来确定负载压降下的控制流量变化。

- a. 打开回油口阀⑤，打开控制口阀门①、②；
- b. 调整供油压力到公称压力，如有回油压力，须补偿回油压力；
- c. 循环输入电流数次；
- d. 用Y轴记录控制流量，X轴记录负载压降；
- e. 将输入电流恒定在 $+I_n$ ；
- f. 放下记录笔，慢慢关闭一只控制口阀，以获得输入电流 $+I_n$ 时控制电流对负载压降的连续曲线；
- g. 在 $-I_n$ 上，重复f.过程，在不同电流下重复f.过程获得一系列曲线（见图19）。

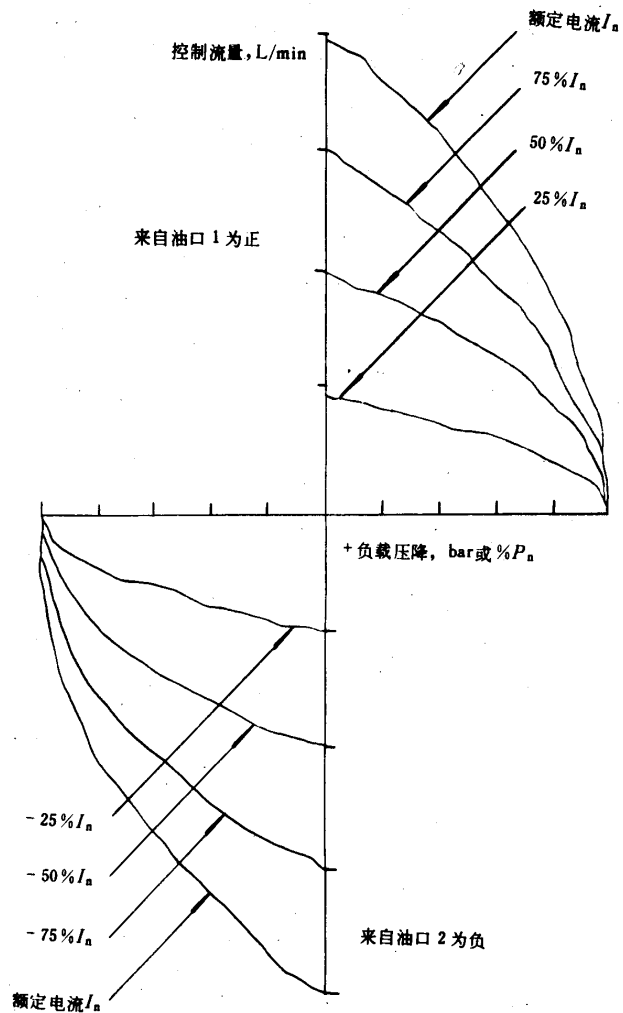


图 19 负载流量特性

8 动态试验

伺服阀的动态性能试验包括频率响应和瞬态响应。产品验收允许只做频率响应。

8.1 频率响应试验

8.1.1 频率响应试验设备

试验设备线路见图10。

8.1.2 试验步骤

- 给伺服阀供油，调整低增益位置伺服回路放大器的倍数，使活塞接近行程中间；
- 输入一个 5 Hz 信号，或者取它和相位滞后 90° 时频率值的 5 % 两者中的较低者；

- c. 记录此频率下的输出幅值和相位角（基频幅值与相位角）；
- d. 以一定增量变换频率值，记录各频率下的输出幅值和相位角；
- e. 计算各频率值下的输出幅值与基频幅值的比，并转化为分贝形式及与基频时的相位角差；
- f. 作出对数频率特性曲线，相对幅值下降 - 3 dB 的频率即为阀的幅频宽，相位迟后 90° 的频率即为相频率（见图20）。

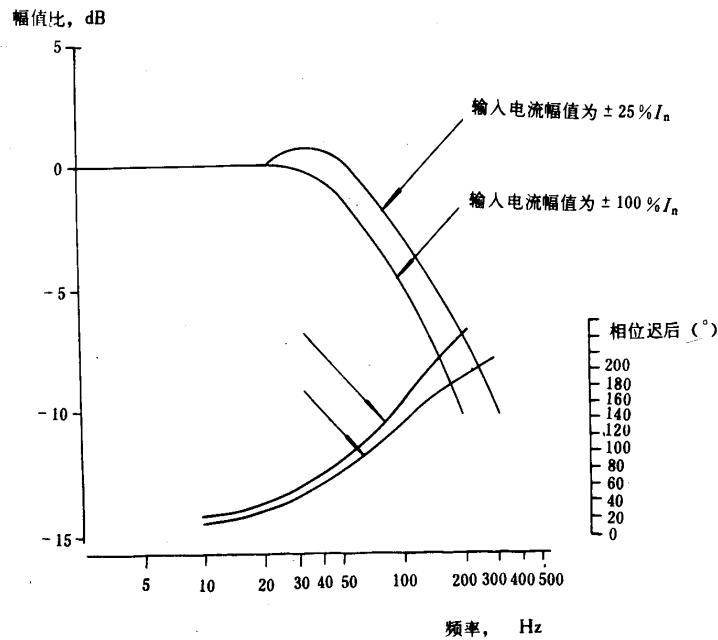


图 20 频率响应

8.2 瞬态响应试验

8.2.1 试验设备

试验设备的线路按图11。

8.2.2 试验步骤

阶跃输入信号幅值为 5 %或100 %额定电流。

- a. 调整设备，使得活塞接近行程的一端；
- b. 输入一个从零到给定值的阶跃信号，使得活塞向另一端运动；
- c. 反转极性，重复 a.、b. 步骤；
- d. 记录输入电流和反映流量的速度传感器上输出的电压的响应曲线（见图21）。

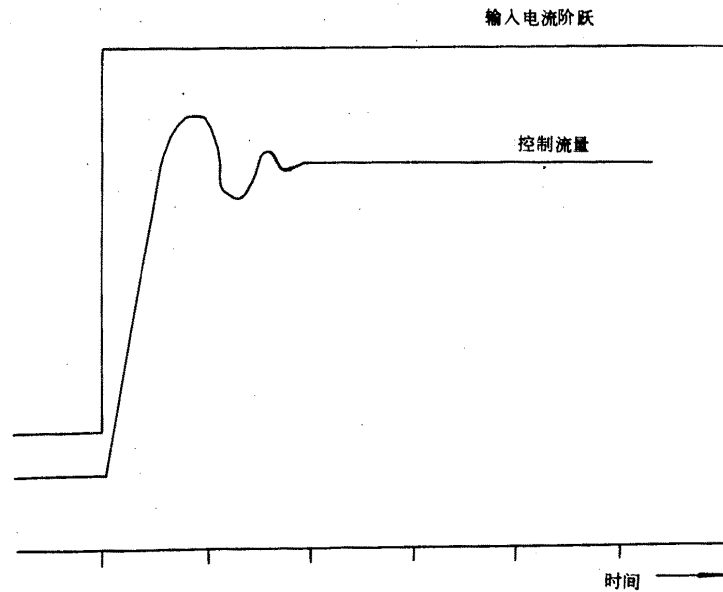


图 21 瞬态响应

9 耐久性试验

除了标准试验条件外,被试阀要求的油液污染度等级,应符合表 5 的规定。

9.1 耐久性试验

在两种工况条件下做试验,各做规定的循环周期数的一半。

- a. 关闭控制口阀①、②;
- b. 开启控制口阀①、②。

9.1.1 试验步骤

- a. 输入信号从正额定电流到负额定电流作正弦循环;
- b. 试验速度:以低于相频宽五分之一的频率数循环;
- c. 试验次数:不得少于 10^7 个周期;
- d. 试毕,对阀再进行稳、动态性能复测。

9.2 压力脉冲试验

- a. 关闭控制口阀①、②,在阀的供油口施加压力变化的液压油(最高频率不超过 5 Hz);
- b. 让压力在回油压力(至少不得小于 0.35 MPa)和 90%~105% 的公称供油压力之间周期波动,压力升降的速率不能太快,以免过调和气蚀。但每个循环中要有一半时间以上维持供油压力;
- c. 施加额定电流,在正额定电流下做 250 000 次循环,在负额定电流下做 250 000 次循环;
- d. 试毕,复测稳、动态性能。

10 船用环境条件试验

电液伺服阀应进行以下船用环境条件试验。

10.1 低温试验

把伺服阀置于低温试验台上,将环境温度和油液均降到 4.6.1.2 和 4.6.1.3 的规定值,保温时间和被试阀大小有关,一般保温 1 h。然后输入电信号,供给低温工作油进行。

- a. 最低温度启动试验：要求在 $\pm 50\%$ 额定电流下，1、2两腔有油液输出；
- b. 按规定值作稳态特性测试，以检查阀的性能，应符合4.6.1.3规定的指标；
- c. 试验时，允许实际供油压力在 $1 \sim 2/3$ 的公称压力范围内变化。

10.2 高温试验

将阀置于高温试验台上，把工作液温度均升到4.6.1.3规定值，保温时间和被试阀大小有关，一般保温1 h，然后做：

- a. 测定绝缘电阻应不小于 $5\text{ M}\Omega$ ；
- b. 输入电信号，供给高温工作油，进行稳态特性测试，以检查阀的性能，应符合4.6.1.3规定的指标；
- c. 试验时，允许实际供油压力在 $1 \sim 2/3$ 的公称压力范围内变化。

10.3 温度冲击试验

试验时，不需给伺服阀供给压力油，但阀内需注满工作油液，装上封板，拧上电气插头，分别在高温箱（室）中进行三个循环，见图8。最高温度和最低温度及保温时间按4.6.1.4规定。最后在标准试验条件下，检查绝缘电阻及零偏。

10.4 冲击试验

不需给阀供液，只要阀内注满工作油液，盖上封板，然后置于C-200型冲击试验机上，按4.6.7规定进行试验。

试验后检查外观质量，不应损坏，并复测绝缘电阻及稳态性能。

10.5 振动试验

将伺服阀装在振动台上，同时用软管给阀供液，然后根据4.6.5要求在不同的频率、不同的方位上进行振动试验。试验的过程中要监视或记录伺服阀的零位变化。整个试验过程中不应出现影响工作性能的谐振现象。

试验后检查零部件不应松动及损伤，并复测稳态性能。

10.6 颠簸试验

不需给伺服阀供液，只要求阀内注满工作油液，盖上封板，然后按4.6.6规定进行试验。

试验后进行外观质量检查，零部件不应松动及损伤，并复测静态性能。

10.7 湿热试验

不需给阀供油，只要求阀内注满工作油液，盖上封板，拧上电气插座，然后按4.6.2规定进行试验。

10.8 盐雾试验

试验时不需给阀供油，只要求阀内注满油液，盖上封板，拧上电气插座，将阀放到盐雾试验箱（室）中，按4.6.3规定进行试验。

试验后，清洗干净进行外观质量检查和绝缘电阻测试。

10.9 霉菌试验

试验时不需给阀供油，只要求阀内注满工作液，盖上封板，拧上电气插座，然后按4.6.4规定进行试验。

10.10 其他

其他环境条件试验项目如：加速度、防水、真空、抗燃、抗爆、抗腐蚀、日光辐射等，一般应根据用户和生产厂双方协商，在专门的技术条件中另行规定。

11 破坏压力试验

伺服阀应能经受下列破坏压力而不破坏，且不应有成滴的泄漏。

- a. 开启回油口阀，以2.5倍的公称压力同时施加于供油口部及控制口A、B（注意压力升高不要太快），历时30 s不破坏。

b. 同时给所有口施加1.5倍公称压力,历时30s不破坏。经过破坏试验的阀,一般不可再作产品使用。

注:人、仪器与破坏试验台之间应装有保护设施。

12 试验结果的表达

12.1 表格形式即试验报告,它应包括如下内容:

- a. 伺服阀型号、系列号、编号及制造厂;
- b. 额定电流;
- c. 额定流量;
- d. 供油压力;
- e. 回油压力;
- f. 油液牌号;
- g. 油液温度;
- h. 线圈接法(单线圈、串联、并联、差动接法等);
- i. 极性;
- j. 各试验结果的记录,数据处理及各项的性能指标;
- k. 试验日期,操作人员姓名;
- l. 备注。

12.2 图形表达即试验曲线形式

12.1各项(除第j.项外)均应在记录纸上写明。第j.项的内容分别记在相应的记录纸上。

12.3 测试的误差和级别按表8规定。

表8 经校正的测量仪表允许的系统误差

测量等级	A	B	C
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	± 1.5	± 2.5

注:①表中给出的百分比极限系指测量的数值,而不是试验的最大值或仪器的最大读数。

②伺服阀试验建议采用上表中A、B两种测量等级。

13 检验规则

13.1 型式检验

有下列情况之一时,一般应进行型式检验:

- a. 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b. 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c. 正常生产时,定期或积累一定产量后,应周期性进行一次检验;
- d. 产品长期停产后,恢复生产时;
- e. 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f. 船舶检验部门提出进行型式检验的要求时。

13.2 型式检验应做如下各项试验

13.2.1 性能试验

- a. 线圈电阻;
- b. 绝缘电阻;
- c. 耐压试验;
- d. 极性;
- e. 额定流量;
- f. 线性度;
- g. 对称度;
- h. 滞环;
- i. 内漏;
- j. 分辨率;
- k. 压力增益;
- l. 零遮盖;
- m. 零偏;
- n. 供油压力零漂;
- o. 回油压力零漂;
- p. 频率特性。

上述试验的次序除耐压试验外, 其余可变更。

13.2.2 环境条件试验

- a. 线圈阻抗和电感;
- b. 绝缘介质强度;
- c. 温度零漂;
- d. 高温试验;
- e. 温度冲击试验;
- f. 低温试验;
- g. 最低温度启动试验;
- h. 湿热试验;
- i. 盐雾试验;
- j. 霉菌试验;
- k. 振动试验;
- l. 颠簸试验;
- m. 冲击试验。

13.2.3 耐久性、可靠性试验

- a. 耐久性试验;
- b. 抗污染试验;
- c. 压力脉冲试验;
- d. 破坏压力试验。

除产品技术条件有规定外, 一般可不作压力脉冲试验。

13.2.4 批产抽检

每批产品应任意抽取 2 % ~ 5 %, 但不少于 2 台, 经 13.2.1 和 13.2.2 规定的各项试验, 若外部结构、材料和镀层与鉴定样机无差别时, 可不作湿热、盐雾和霉菌试验。

13.3 出厂检验

每台产品均应进行出厂试验, 试验项目按 13.2.1 规定的项目。

14 标志、包装、运输和贮存

14.1 标志

每台阀应有永久性的金属铭牌，牢固地固定在阀外部。铭牌一般包括下列内容：工厂标志、产品型号、公称供油压力、额定流量、额定电流、产品编号、生产日期。

14.2 包装

将无水分的清洁工作液，从底面油口注满伺服阀的内腔，装上密封圈后加盖护板保持密封。外部用干燥气体吹干，用石腊纸包装，装入塑料袋，加防潮砂，抽真空后封口。

随后装入专用包装盒内，周围用泡沫塑料填充。

14.3 运输

伺服阀在运输过程中应避免破坏性损伤事故发生。

14.4 贮存

伺服阀应贮存在阴凉、干燥处；要定期更换防潮砂。

附加说明：

本标准由中国船舶工业总公司标准化所提出。

本标准由船用液压元件专业组704所归口。

本标准由中国船舶工业总公司704所、603所起草。

本标准主要起草人王学星、张继义、蔡振仲。

自本标准实施之日起，原中国船舶工业总公司部标准CB 1012—82《船用液压伺服阀技术条件》作废。