



中华人民共和国国家军用标准

FL 2030

GJB 4069-2000

舰船用电液伺服阀规范

Specification for electro-hydraulic servo valve
for naval ships

2000-06-15 发布

2000-10-01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

中华人民共和国国家军用标准

舰船用电液伺服阀规范

Specification for electro-hydraulic servo valve
for naval ships

GJB 4069—2000

1 范围

1.1 主题内容

本规范规定了舰船用电液伺服阀(以下简称伺服阀)的技术要求、质量保证规定和交货准备等。

1.2 适用范围

本规范适用于伺服阀的设计、生产和验收。

1.3 分类

伺服阀按液压工作放大级数分为:

- a. 单级伺服阀;
- b. 两级伺服阀;
- c. 三级伺服阀。

2 引用文件

GB 1299—85	合金工具钢技术条件
GB 5233—85	加工青铜 化学成分和产品形状
GB/T 14039—93	液压系统工作介质固体颗粒污染等级代号
GJB 4.6—83	舰船电子设备环境试验 交变湿热试验
GJB 4.7—83	舰船电子设备环境试验 振动试验
GJB 4.8—83	舰船电子设备环境试验 颠簸试验
GJB 4.9—83	舰船电子设备环境试验 冲击试验
GJB 4.10—83	舰船电子设备环境试验 霉菌试验
GJB 4.11—83	舰船电子设备环境试验 盐雾试验
GJB 179A—96	计数抽样检验程序及表
GJB 450—88	装备研制与生产的可靠性通用大纲
HJB 34—90	舰船电磁兼容规范

3 要求

3.1 合格鉴定

国防科学技术工业委员会 2000—06—15 发布

2000—10—01 实施

按本规范提交的伺服阀应是经鉴定合格或定型批准的产品。

3.2 可靠性

伺服阀应按 GJB 450 要求编制可靠性大纲,平均故障工作时间由承制方和订购方商定。

3.3 材料

3.3.1 伺服阀主要零部件材料按表 1 规定。

表 1

零件名称	材 料	
	牌号	标准号
导磁体	Ni50	
弹簧管	QBe1.9	GB 5233-85
阀芯	Cr12MoV	GB 1299-85
阀套	Cr12MoV	GB 1299-85

3.3.2 允许使用性能不低于表 1 所规定的且符合现行有关标准或规范的其他材料。

3.4 设计

3.4.1 伺服阀输出的流量(或压力)应同接收的相应电气模拟信号成正比例。

3.4.2 伺服阀的额定流量、线性度、对称度、滞环、内漏、分辨率、压力增益、零偏等稳态特性应满足合同要求。

3.4.3 伺服阀的幅频、相频等频率特性应满足系统的合同要求。

3.4.4 伺服阀线圈的允许过载电流一般为额定电流的两倍。

3.4.5 伺服阀的零遮盖偏差为 $\pm 2.5\%$ 行程。

3.4.6 伺服阀在各种使用条件下,不应有明显的外部泄漏(不成滴的湿润允许存在)。

3.4.7 伺服阀在工作液的污染度等级不高于 GB/T 14039 中 18/15 级的情况下,不应发生堵、卡、漂等故障。

3.5 结构

伺服阀的安装孔和通油口尺寸应按图 1 表 2 规定,在阀体外应清楚标出进油口“P”、回油口“T”、控制油口“A”和“B”。

表 2

序号	L	W	D	d_1	$d_2^{1)}$	mm
						$M^{2)}$
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

续表 2

mm

序号	L	W	D	d_1	$d_2^{1)}$	$M^{2)}$
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

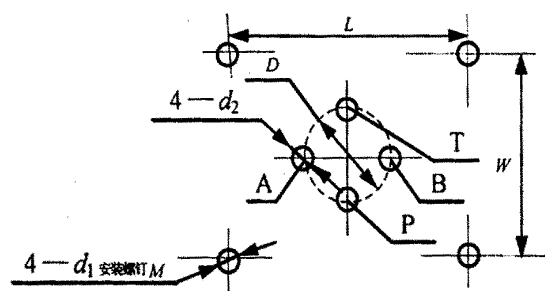
注: 1) d_2 指最大值;2) M 为安装螺钉尺寸。

图 1 伺服阀的安装孔和通油口尺寸

3.5.1 伺服阀的工艺堵头一般应安装于伺服阀的底部,或在有挡板的安装面。

伺服阀力矩马达线圈的连接方式、接线端的标号、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	单 线 圈	串 联	并 联	差 动
接线端标号	 2 1 4 3	 2 3	 2(4) 1(3)	 2 1(4) 3
外引出导线颜色	绿 红 黄 蓝	绿 蓝	绿 红	绿 红 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

3.5.2 所有螺纹连接的零件,均应牢固地锁紧,外露螺钉应加铅封。

3.5.3 伺服阀内部金属件表面不得有镀层。

3.5 维修性

3.6.1 应给伺服阀周围有维修或更换零部件所必须的空间。

3.6.2 伺服阀发生故障时,平均更换时间(MTTR)一般应不大于 2h。

3.7 性能特性

3.7.1 电气特性

3.7.1.1 伺服阀线圈电阻偏差应为名义电阻值的 $\pm 10\%$ 。同一台伺服阀配对的线圈电阻值差应不大于名义电阻值的 5% 。

3.7.1.2 伺服阀线圈对阀体及线圈之间的绝缘电阻,应不小于 $50M\Omega$ 。在温度冲击、盐雾、霉菌及湿热条件下,应不小于 $5M\Omega$ 。

3.7.1.3 伺服阀线圈之间、线圈与阀体之间的介电强度,在频率 $50Hz$ 和表 4 规定的交流电压下,不应击穿。

表 4

项 目	60℃	相对湿度不小于 95%	10^7 寿命试验后
电 压	500V	375V	250V

3.7.2 耐压特性

3.7.2.1 耐压

伺服阀的进油口“P”和两个控制油口“A”和“B”经受 1.5 倍额定压力;回油口“T”应能承受额定压力。在施加正反向额定电流各保持 2.5min 情况下,其额定流量偏差应不大于 $\pm 10\%$,滞环应不大于 5% ,零偏应不大于 2% 。

3.7.2.2 破坏压力

伺服阀的进油口“P”和控制油口“A”和“B”应能承受 2.5 倍额定压力,回油口“T”应能承受 1.5 倍额定压力历时 30s,伺服阀不应被破坏。

3.7.2.3 压力脉冲

伺服阀在额定压力下应能承受正负额定电流下 2.5×10^5 次循环脉冲,其额定流量偏差为 $\pm 25\%$,滞环不大于 6% ,零偏不大于 5% 。

3.7.3 稳态特性

3.7.3.1 伺服阀额定流量偏差为 $\pm 10\%$;

3.7.3.2 伺服阀线性度应不大于 7.5% ;

3.7.3.3 伺服阀对称度应不大于 10% ;

3.7.3.4 伺服阀滞环应不大于 5% ;

3.7.3.5 伺服阀内漏应不大于额定流量 3% 或 $0.45L/min$;

3.7.3.6 伺服阀分辨率应不大于 1% ;

3.7.3.7 伺服阀压力增益:输入电流为 $1\% I_n$ (额定电流)时,负载压降应大于最大负载压降

的 30%；

3.7.3.8 伺服阀的零偏,在检验条件下应不大于 2%；

3.7.3.9 当供油压力在 80%~110%额定压力范围时,伺服阀的零漂应不大于 2%；

3.7.3.10 当回油压力在 0~0.7MPa 范围内时,伺服阀零漂应不大于 2%；

3.7.3.11 当工作液温度变化为 56℃时,温度零漂应不大于 2%；工作液温在于 -30~90℃ 范围内时,零漂应不大于 4%。

3.7.4 动态特性

3.7.4.1 伺服阀的幅频宽应大于使用该阀之系统所要求幅频宽的 3 倍。

3.7.4.2 伺服阀的相频宽应大于使用该阀之系统所要求相频宽的 3 倍。

3.8 环境要求

3.8.1 低温启动

伺服阀在环境温度和工作液温度均为 -30℃ 时,应能以 $\pm 50\%$ 额定电流启动。

3.8.2 高低温

伺服阀在 -30~+60℃ 环境温度和 -30~+90℃ 工作液温度范围时,其额定流量偏差应不大于 $\pm 25\%$,分辨率应不大于 2%或滞环应不大于 6%。

3.8.3 温度冲击

伺服阀经受图 2 所示的温度冲击 3 次循环后,其绝缘电阻不小于 5M Ω ,零偏应不大于 2%。

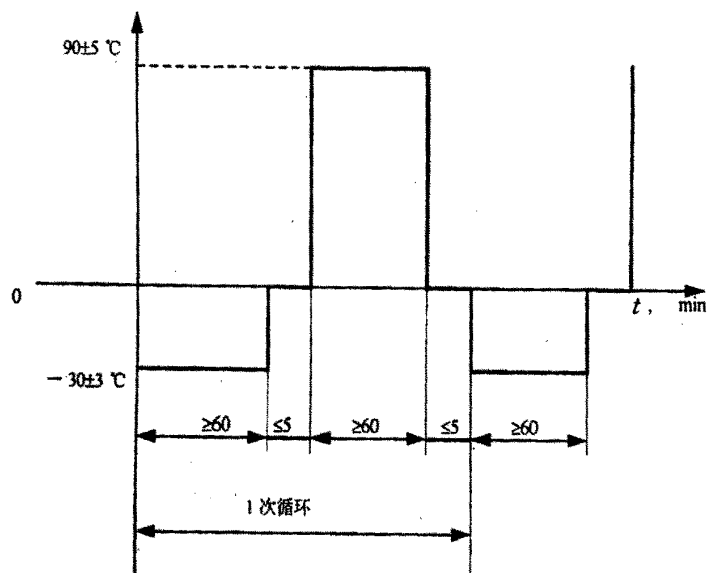


图 2 温度冲击图

3.8.4 湿热

伺服阀的耐湿热性,按 GJB 4.6 规定的 96h 的试验后,其外观应符合下列要求:

- a. 色泽无明显变暗;
- b. 镀层腐蚀面积不大于 60%;
- c. 主金属无腐蚀。

3.8.5 盐雾

伺服阀的耐盐雾性在按 GJB 4.11 规定的 96h 的试验后,其外观应符合下列要求:

- a. 色泽无明显变暗;
- b. 镀层腐蚀面积不大于 60%;
- c. 主金属无腐蚀。

3.8.6 霉菌

伺服阀的防霉性应不低于 GJB 4.10 中规定的 2 级长霉。

3.8.7 振动

伺服阀应能承受 GJB 4.7 中规定的 2 类振动。

3.8.8 颠簸

伺服阀应能承受 GJB 4.8 中规定的 2 级颠簸。

3.8.9 冲击

伺服阀应能承受 GJB 4.9 中规定的 2 级冲击。

3.9 零部件详细要求

3.9.1 阀芯

阀芯的圆柱度应不大于 $1\mu\text{m}$,外表面粗糙度 R_a 应不大于 $0.1\mu\text{m}$ 。端面与外表面相交之锐边圆角半径应不大于 $3\mu\text{m}$ 。

3.9.2 阀套

阀套的圆柱度应不大于 $2\mu\text{m}$,内孔粗糙度 R_a 应不大于 $0.1\mu\text{m}$ 。阀套窗口与内孔表面相交之锐边圆角半径应不大于 $3\mu\text{m}$ 。

3.9.3 配合

阀芯与阀套为间隙配合,配合量在 $2\sim 4\mu\text{m}$ 间选取。

3.10 电磁兼容性

伺服阀的电磁兼容性应符合 HJB 34 的有关规定。

3.11 使用寿命

在额定工况下,伺服阀的使用寿命应不小于 10^7 次。在寿命期内,伺服阀的额定流量偏差为 $\pm 25\%$,滞环不大于 6%,零偏不大于 5%。

3.12 产品标记

每台伺服阀应有铭牌,铭牌应采用铜或不锈钢等耐腐蚀材料制成,铭牌应牢固地固定在阀体的外部。铭牌一般包括下列内容:

- a. 产品名称、型号;
- b. 额定供油压力、工作压力范围;

- c. 额定流量;
- d. 额定电流;
- e. 产品编号;
- f. 承制方名及日期。

3.13 外观质量

伺服阀表面不应有压伤、毛刺、裂纹、锈蚀及其他缺陷。

4 质量保证规定

4.1 检验责任

除合同或订单中另有规定外,承制方应负责完成本规范规定的所有检验。必要时,订购方或上级鉴定机构有权对规范所述的任一检验项目进行检查。

4.1.1 合格责任

所有产品必须符合本规范第3章和第5章的所有要求。本规范中规定的检验应成为承制方整个检验体系或质量大纲的一个组成部分。若合同中包括本规范未规定的检验要求,承制方还应保证所提交验收的产品符合合同要求。质量一致性抽样不允许提交明知有缺陷的产品,也不能要求订购方接受有缺陷的产品。

4.2 检验分类

本规范规定的检验分为:

- a. 鉴定检验;
- b. 质量一致性检验。

4.3 检验条件

除另有规定外,检验应在下列标准条件下进行:

- a. 环境温度 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- b. 油液类型 矿物基液压油;
- c. 油液温度 伺服阀进口温度 $40 \pm 6^{\circ}\text{C}$;
- d. 油液粘度等级 N32;
- e. 供油压力 公称供油压力和回油压力之和;
- f. 回油压力 不超过 5% 公称供油压力;
- g. 油液清洁度等级 试验用油液的固体颗粒污染等级代号应为 17/14。

4.4 鉴定检验

4.4.1 检验数量

凡新设计的伺服阀样机或结构、设计有重大改变足以影响伺服阀的性能时,应任抽两台伺服阀进行鉴定检验。

4.4.2 检验项目

鉴定检验项目按表 5。

表 5

序号	检验项目	要求的章条号	检验方法的章条号	鉴定检验	质量一致性检验			
					A组	B组	C组	D组
1	线圈电阻	3.7.1.1	4.6.3.1	√	√	—	—	—
2	绝缘电阻	3.7.1.2	4.6.3.2	√	√	—	—	—
3	介电强度	3.7.1.3	4.6.3.3	√	—	√	—	—
4	耐压	3.7.2.1	4.6.4	√	√	—	—	—
5	额定流量	3.7.3.1	4.6.5.3	√	√	—	—	—
6	线性度	3.7.3.2	4.6.5.3	√	√	—	—	—
7	对称度	3.7.3.3	4.6.5.3	√	√	—	—	—
8	滞环	3.7.3.4	4.6.5.3	√	√	—	—	—
9	内漏	3.7.3.5	4.6.5.4	√	√	—	—	—
10	分辨率	3.7.3.6	4.6.5.5	√	√	—	—	—
11	压力增益	3.7.3.7	4.6.5.2	√	√	—	—	—
12	零偏	3.7.3.8	4.6.5.6.1	√	√	—	—	—
13	供油压力零漂	3.7.3.9	4.6.5.6.2	√	√	—	—	—
14	回油压力零漂	3.7.3.10	4.6.5.6.3	√	√	—	—	—
15	温度零漂	3.7.3.11	4.6.5.6.4	√	—	△	—	—
16	零遮盖	3.4.5	4.6.5.3	√	—	√	—	—
17	频率特性	3.7.4	4.6.6	√	√	—	—	—
18	低温启动	3.8.1	4.6.9.1	√	—	△	—	—
19	低温	3.8.2	4.6.9.1	√	—	△	—	—
20	高温	3.8.2	4.6.9.2	√	—	△	—	—
21	温度冲击	3.8.3	4.6.9.3	√	—	—	△	—
22	湿热	3.8.4	4.6.9.4	√	—	—	△	—
23	盐雾	3.8.5	4.6.9.5	√	—	—	△	—
24	霉菌	3.8.6	4.6.9.6	√	—	—	△	—

续表 5

序号	检验项目	要求的章条号	检验方法的章条号	鉴定检验	质量一致性检验			
					A组	B组	C组	D组
25	振动	3.8.7	4.6.9.7	√	—	—	△	—
26	颠簸	3.8.8	4.6.9.8	√	—	—	△	—
27	冲击	3.8.9	4.6.9.9	√	—	—	—	△
28	使用寿命	3.11	4.6.7	√	—	—	—	△
29	电磁兼容性	3.10	4.6.12	√	—	—	—	—
30	外观质量	3.13	4.6.1	√	√	—	—	—
31	破坏压力	3.7.2.2	4.6.10	√	—	—	—	△
32	压力脉冲	3.7.2.3	4.6.8	√	—	√	—	—
33	抗污染	3.4.7	4.6.11	√	—	△	—	—
34	可靠性	3.2	4.6.13	△	—	—	△	—

注:√—承制方应进行检验的项目。

△—承制方与订购方协商是否进行检验的项目。

4.4.3 合格判据

在鉴定检验中,伺服阀若有未达到要求的项,则承制方应查明原因、排除故障,重新进行检验。若第二次仍不合格,则判为不合格。

4.4.4 鉴定合格资格的保持

由承制方和订购方商定或承制方每累计生产 1000 台后应提供一次鉴定检验资料。

4.5 质量一致性检验

4.5.1 检验项目

质量一致性检验项目按表 5。

4.5.2 检验分组

质量一致性检验分为 A 组、B 组、C 组和 D 组检验。

4.5.2.1 A 组检验

产品经鉴定合格后,方可投入批量生产。正常生产的伺服阀在出厂之前都应进行 A 组检验。A 组检验项目按表 5。若有一项未达到要求,则判为不合格。

4.5.2.2 B 组检验

除另有规定外,B 组检验的抽样方案应按 GJB 179A 中一般水平 II,二次抽样方案合格质量水平 AQL 为 4.0。B 组检验项目按表 5 规定,若有一项未达到要求,则判为不合格。

4.5.2.3 C 组检验

该组检验由承制方与订购方商定,可从已通过的 B 组检验的伺服阀中选取一台进行 C 组

检验。检验项目按表 5 规定,若有一项不合格,则判为不合格。经 C 组检验后,则应更换所有超过设计公差的零件,使之恢复到合格状态,修复后的伺服阀应通过 A 组检验,合格后可重新交付使用。

4.5.2.4 D 组检验

该组检验由承制方与订购方商定,可从已通过 B 组检验的伺服阀中选取一台进行 D 组检验。检验项目按表 5 规定,若有一项不合格,则判为不合格。

4.5.3 不合格

如果样品未通过检验,则应停止产品的验收和交付,承制方应将不合格情况通知合格鉴定单位。在采取纠正措施后,应根据合格鉴定单位意见,重新进行全部试验或检验,或对不合格的项目进行试验或检验。若试验仍不合格,则应将不合格的情况通知合格鉴定单位。

4.6 检验方法

4.6.1 外观质量

外观质量采用目测的方法检验,其结果应符合 3.13 条的要求。

4.6.2 试验装置的一般要求

试验装置的一般要求如下:

- a. 信号电源输出电流的信噪比应不大于 0.1%;
- b. 液压管路应短而平直,导管流通面积应足够大,管路和台架应合理布置,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,表面粗糙度 R_a 应不大于 $0.8\mu\text{m}$;
- d. 手控阀在关闭时应无泄漏;
- e. 压力传感器的安装部位应尽量靠近伺服阀;
- f. 伺服阀入口处应安装过滤精度不低于 $10\mu\text{m}$ 的滤器。工作液工作 500h 后,应采样测试合格,才能继续使用;
- g. 试验台流量计内漏和零位死区要小,流量计的压降应不大于 2% 额定供油压力;
- h. 测试仪表应与测试范围相适应,其精度应于被测参数的公差相适应,仪表精度与被测参量精度之比一般应不大于 1:5。

4.6.3 电气试验

4.6.3.1 线圈电阻测试

伺服阀线圈温度稳定到室温后,用一个精确度为 $\pm 2\%$ 的电阻计测量每个线圈的电阻,不必供压力油。

结果应符合 3.7.1.1 条的要求。

4.6.3.2 绝缘电阻测试

测试伺服阀线圈和阀体间的绝缘电阻时,将线圈出线连在一起,在接头与阀体间用 500V 兆欧表测绝缘电阻。对双线圈结构的伺服阀,测试线圈间的绝缘电阻时,在线圈接头间用 500V 兆欧表测绝缘电阻。若电气元件与油接触时,则应给阀注满油。

结果应符合 3.7.1.2 条的要求。

4.6.3.3 介电强度试验

在阀线圈和阀体间施加一个 500V 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,持续 1min。对双线圈结构的伺服阀,测试线圈间的介电强度时,试验电压加于线圈接头之间。

结果应符合第 3.7.1.3 条的要求。

4.6.4 耐压试验

此项试验在其他稳态、动态特性试验前进行,试验装置回路按图 3 所示。

4.6.4.1 供油口耐压试验

供油口耐压试验步骤如下:

- a. 打开回油口阀⑤;
- b. 关闭控制油口阀①、②;
- c. 将伺服阀供油压力调整到 1.5 倍额定压力;
- d. 鉴定检验时在正额定电流下保压 2.5min;在负额定电流下,再保压 2.5min;
- e. 质量一致性检验时,保压时间可减为各 0.5min;

试验中不应有外部泄漏和永久性变形,结果应符合 3.7.2.1 条的要求。

4.6.4.2 回油口耐压试验

回油口耐压试验步骤如下:

- a. 关闭回油口阀⑤;
- b. 关闭控制油口阀①、②和内部泄漏阀③、④;
- c. 调整伺服阀供油压力到额定压力 P_n ;
- d. 鉴定检验时在正额定电流下保压 2.5min;在负额定电流下,再保压 2.5min;
- e. 质量一致性检验时,保压时间可减为各 0.5min。

结果应符合 3.7.2.1 条的要求。

4.6.5 稳态特性试验

4.6.5.1 稳态特性试验一般要求

伺服阀稳态特性试验装置典型回路如图 3,除满足 4.6.2 条的要求外,还应满足如下要求:

4.6.5.1.1 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。不用转换开关时,手动控制器应能手调信号慢慢地从正到负来回变化,信号幅值应可调。

4.6.5.1.2 伺服阀固定后,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。

4.6.5.1.3 线圈连结方式为串联。

4.6.5.2 压力增益试验

压力增益试验步骤如下:

- a. 关闭控制油口阀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;

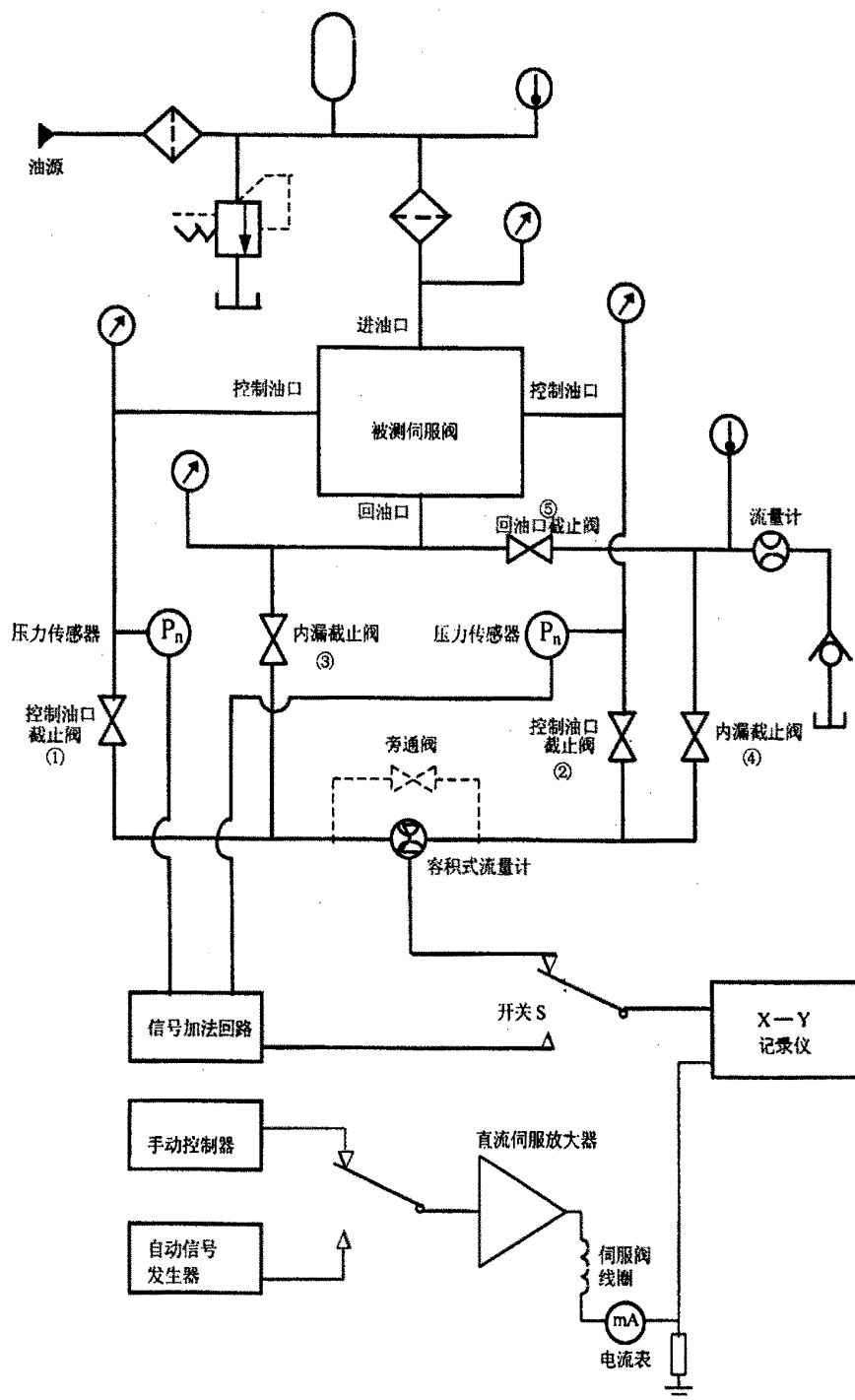


图3 稳态试验装置典型回路

- d. 将输入电流慢慢循环几次；
- e. “输入电流”电信号接在记录仪的 X 轴上，“负载压降”电信号接在记录仪的 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，使之产生全部正负负载压降；
- h. 让信号缓缓连续循环，记录时循环速度应低；
- i. 记录如图 4 所示完整的循环曲线；
- j. 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计算压力增益测试结果。

结果应符合 3.7.3.7 条的要求。

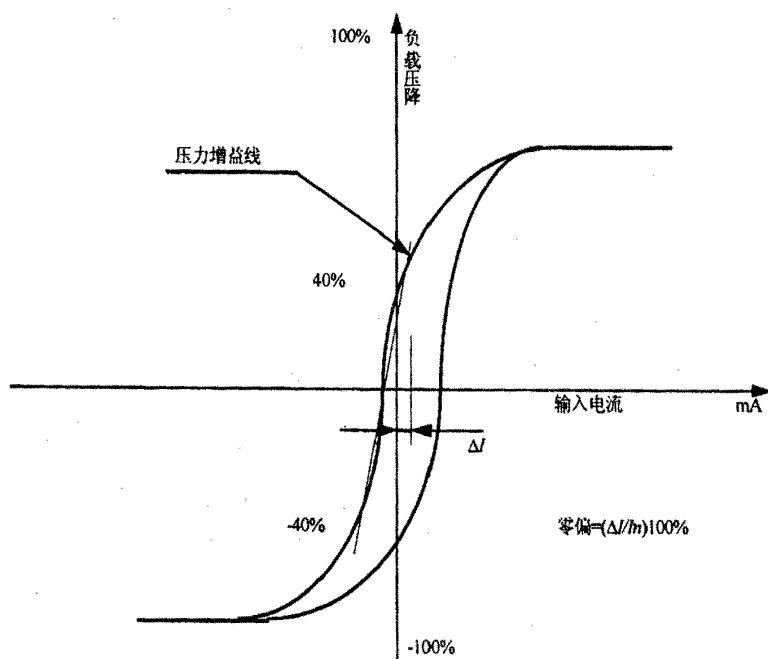


图 4 压力增益曲线

4.6.5.3 空载流量特性试验

用下列试验步骤测出输入电流与负载压降的变化关系，从而绘制空载流量特性曲线。从曲线中测得额定流量、线性度、对称度、滞环和零遮盖。

- a. 打开回油口阀⑤；
- b. 打开控制油口阀①、②并关闭内部泄漏阀门③、④；
- c. 调节伺服阀供油压力为额定压力 P_n ；
- d. 缓慢地输入电流，循环数次；

- e. “输入电流”电信号接在记录仪的 X 轴上,“空载流量”接在记录仪的 Y 轴;
- 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,活塞应在液压缸的一端;
- g. 调整好记录仪的放大倍数及零位(液压缸不应撞缸),在记录纸上画出 X、Y 轴的零位;
- h. 让信号缓缓连续循环输入;
- i. 记录如图 5 所示的循环曲线,即空载流量特性曲线。按流量特性曲线可测得额定流量、线性度、对称度、滞环等性能指标的要求,结果应符合 3.7.3.1~3.7.3.4 条的要求。
- j. 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流量特性曲线。结果应符合 3.4.5 条的要求。

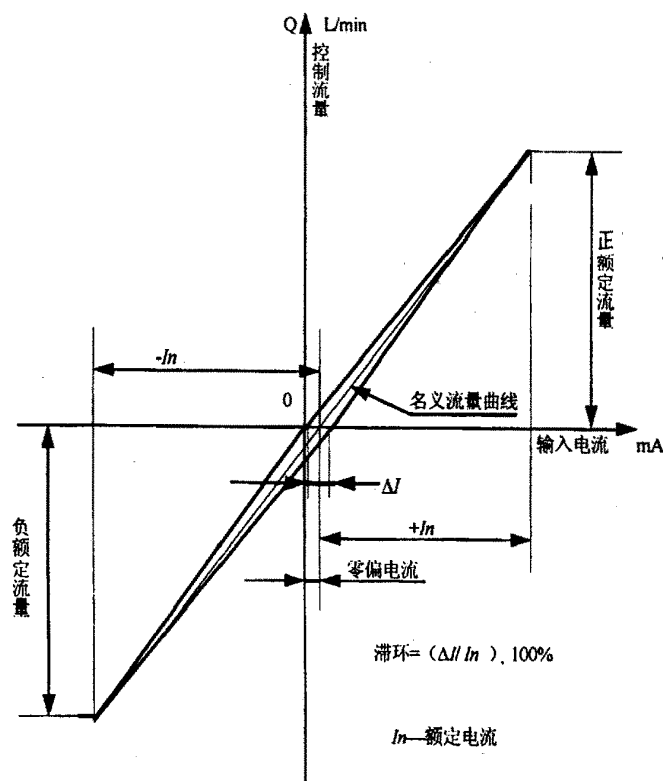


图 5 空载流量特性曲线

4.6.5.4 内漏试验

- a. 关闭控制油口阀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 3),则将回油口阀⑤开启,关闭阀①、②、③、④;
- d. 调节供油压力为额定压力 P_n ;

- e. “输入电流”电信号接在 X 轴,“回油管路流量”电信号接在 Y 轴上;
 - 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电流幅值为正负额定电流的输出;
 - h. 连续循环输入信号,全部记录零位附近的内漏变化;
 - i. 记录半个周期的内漏特性曲线(可开始于 $+I_n$,也可开始于 $-I_n$)(见图 6)。
- 结果应符合 3.7.3.5 条的要求。

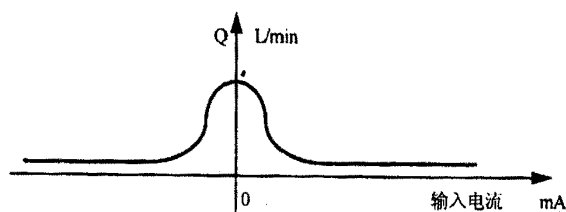


图 6 内泄漏特性曲线

4.6.5.5 分辨率试验

4.6.5.5.1 零区正反向分辨率试验

零区正反向分辨率试验步骤如下:

- a. 重复 4.6.5.2 条压力增益试验方法的 a~b 步骤;
- b. 对一个极性方向施加小输入电流,使两控制油口压力值相等。再对同一极性方向慢慢施加另一小输入电流,直到使两控制油口压力变化为止。记下两次电流值与控制油口压力的读数,此二次电流值的代数差即是零区正向分辨率的测量值;
- c. 沿相反向缓慢地改变输入电流,直到控制油口的压力产生反向变化,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。

结果应符合 3.7.3.6 条的要求。

4.6.5.5.2 零区外正反向分辨率试验

零区外正反向分辨率试验步骤如下:

- a. 换上灵敏度高的流量计。同时打开回油口阀⑤,控制油口阀①、②,关闭内部泄漏阀③、④;
- b. 调整供油压力到额定压力 P_n ;
- c. 循环输入电流;
- d. 对一个极性方向施加小输入电流(约 10% 额定电流),记录电流值;
- e. 对同一极性方向慢慢施加更小的信号,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是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是零区外反向分辨率的测量值;
- g. 在 10% 额定电流之间各点重复上述试验,得到一系列正反向分辨率的测量值,其中最大的值与额定电流的百分比即为分辨率的量值。

结果应符合 3.7.3.6 条的要求。

4.6.5.6 零偏、零漂试验

4.6.5.6.1 零偏试验

零偏试验步骤如下：

- 打开回油口阀⑤,关闭控制油口阀①、②；
- 调节供油压力为额定压力 P_n ；
- 输入正额定电流 $+I_n$,然后缓慢将输入电流减小到零,继续到负的额定电流 $-I_n$ ；
- 为消灭滞环,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,记下各控制油口的压力；
- 缓慢施加一个适当的输入电流,将阀调到零位(即使得两控制油口压力相等),记下输入电流值；

f. 反向施加输入电流,直到两控制油口压力相等,记下输入电流值；

g. 零偏电流是上述两次使伺服阀置零的电流平均值。

结果应符合 3.7.3.8 条的要求。

4.6.5.6.2 供油压力零漂试验

按 4.6.5.6.1 条进行零偏试验后,按图 7 所示装置进行供油压力零漂试验,其步骤如下：

- 调整供油压力,供油压力变化范围按 3.7.3.9 条的规定；
- 在每一个供油压力值下,重复 4.6.5.6.1 的 e、f、g 步骤,记录各相应的零偏电流,并计算各零偏变化值；

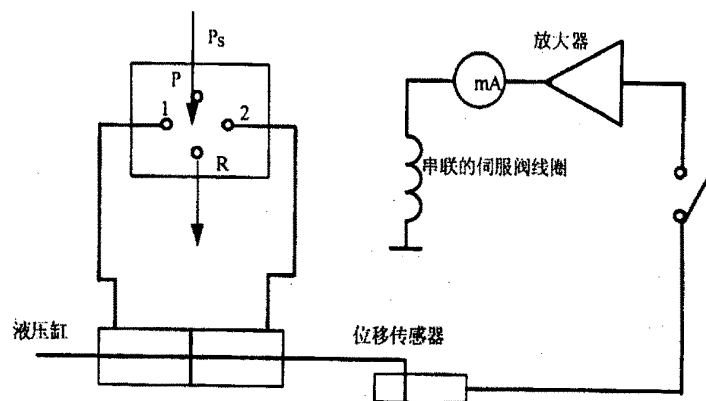


图 7 零偏试验装置示意图

- 画出各供油压力下的零偏变化曲线,其中最大的零偏变化值即为供油压力零漂(见图 8)。

结果应符合 3.7.3.9 条的要求。

4.6.5.6.3 回油压力零漂试验

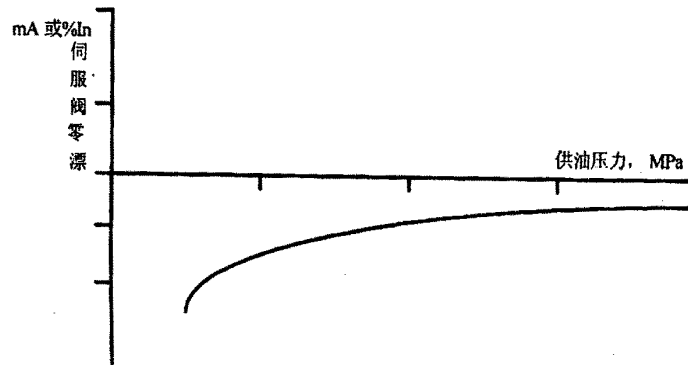


图8 供油压力零漂曲线

按 4.6.5.6.1 条进行零偏试验后,按图 7 所示装置进行回油压力零漂试验,其步骤如下:

- 缓慢关闭回油口阀⑤,以建立回油变化的压力,回油压力在 0~0.7MPa 范围变化;
- 在每一个回油压力值下,重复 4.6.5.6.1 条的 e、f、g 步骤,记录各相应的零偏电流,并计算各零偏变化值;
- 画出各回油压力下的零偏变化曲线,其中最大的零偏变化值即为回油压力零漂(见图 9)。

结果应符合 3.7.3.10 条的要求。

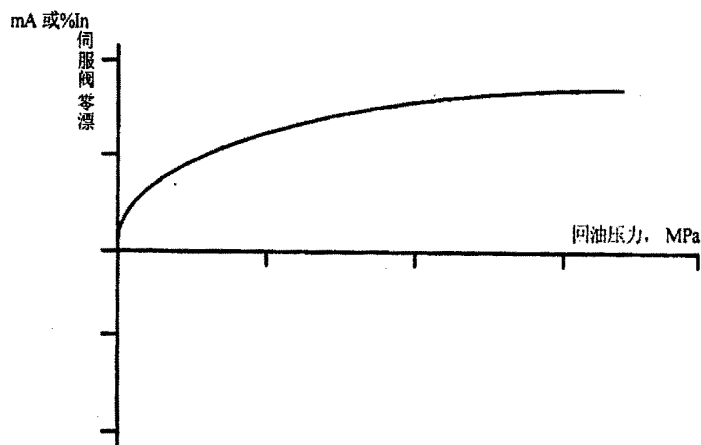


图9 回油压力零漂曲线

4.6.5.6.4 温度零漂试验

温度零漂试验步骤如下:

- 按图 7 所示试验装置允许与高低温试验一起进行,零偏测试可用 4.6.5.3 条空载流量

特性曲线试验方法或 4.6.5.2 条压力增益曲线试验方法进行;

b. 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;

c. 调整供油压力到额定压力 P_n ;

d. 工作液油温变化为 56°C ;

e. 画出零偏对温度的曲线,其中最大的零偏变化值即为温度零漂(见图 10)。

结果应符合 3.7.3.11 条的要求。

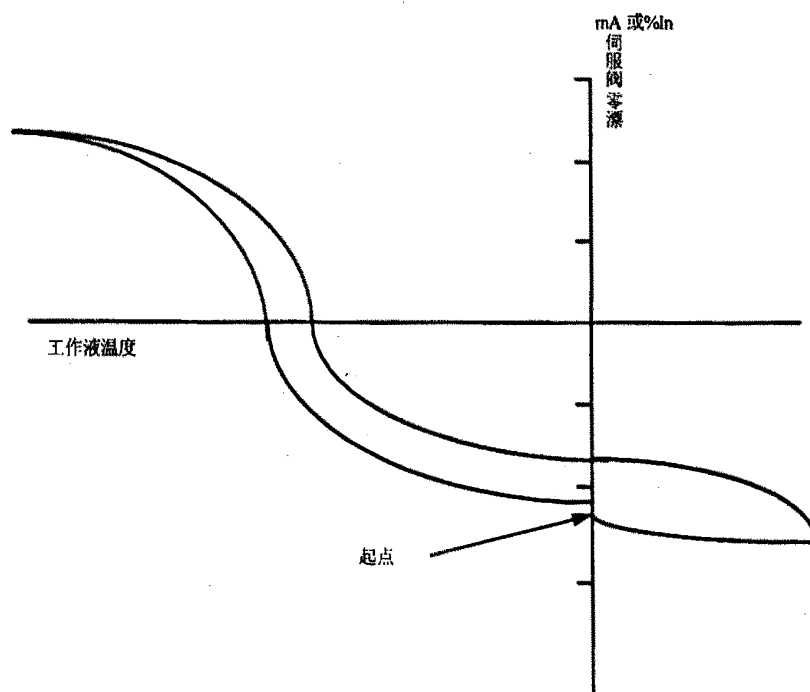


图 10 温度零漂曲线

4.6.6 动态特性试验

4.6.6.1 动态特性试验装置的一般要求

伺服阀动态特性试验装置除满足 4.6.2 条外,还应满足如下要求;

- 伺服阀动态液压缸之间的连接管路应短直、容积要小;
- 动态液压缸的运动部件应质量轻,运动副摩擦小;
- 液压缸内外泄漏要很小;
- 液压缸固有频率应大于被测伺服阀频宽的 10 倍。

4.6.6.2 试验步骤

伺服阀动态特性试验装置典型回路如图 11,试验步骤如下:

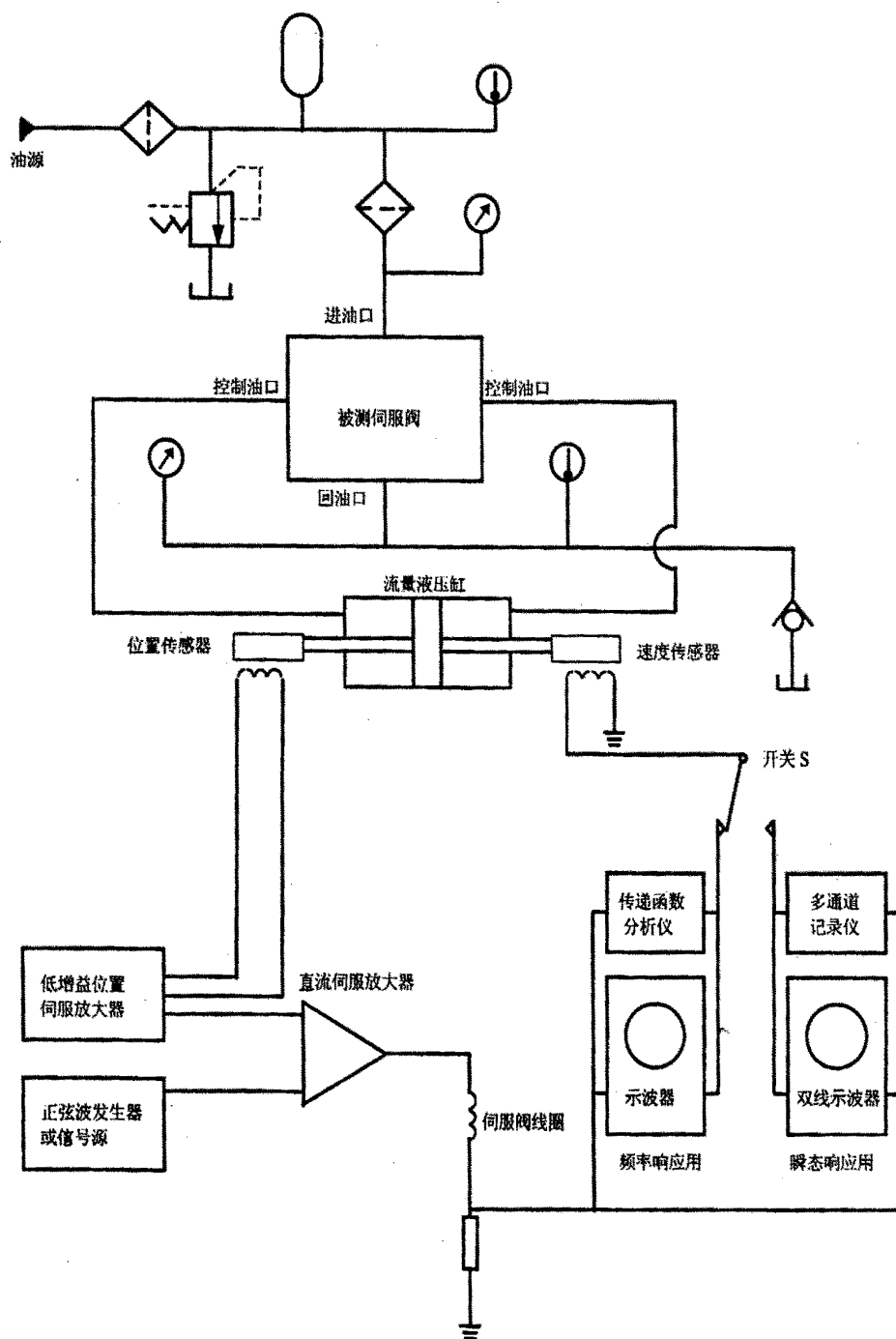


图 11 动态试验装置典型回路

- 给伺服阀供油,调整低增益位置伺服回路放大器的零位,使活塞接近行程中间;
- 输入一个 5Hz 信号或相位滞后 90° 时频率值的 5% 两者中的较低值;
- 记录此频率下的输出幅值和相位角(基频幅值与相位角);
- 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;
- 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差;
- 作出对数频率特性曲线,相对幅值下降 3dB 的频率即为阀的幅频宽,相位迟后 90° 的频率即为相频宽(见图 12)。

结果应符合 3.7.4 条的要求。

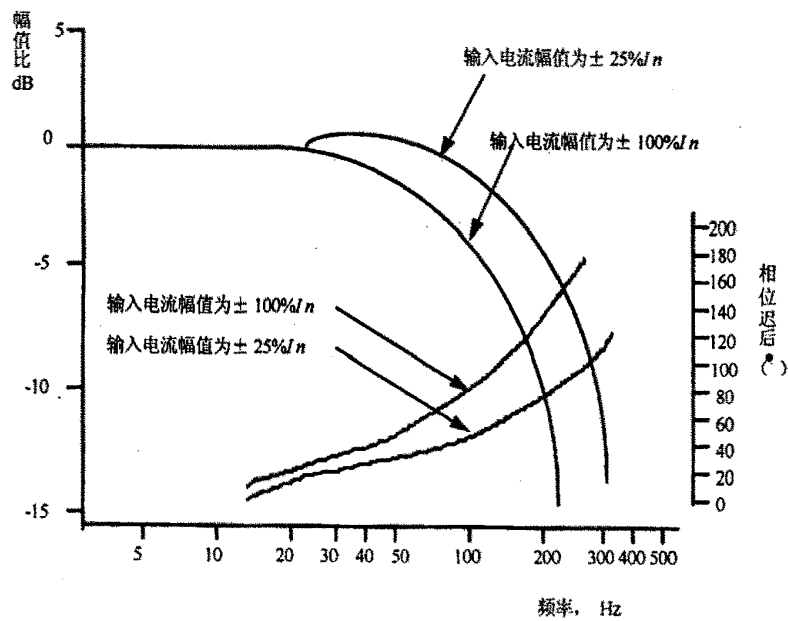


图 12 动态特性曲线

4.6.7 使用寿命试验

4.6.7.1 试验工况

在下列两种工况下试验(两者各占一半):

- 关闭控制油口①、②;
- 开启控制油口①、②。

4.6.7.2 试验步骤

伺服阀使用寿命试验步骤如下:

- 输入信号从正额定电流到负额定电流作正弦循环;
- 以低于相频宽五分之一的频率数循环;
- 试验次数:不得少于 10^7 次;
- 试毕,对阀再进行稳态、动态特性复测,并测试其介电强度。

结果应符合 3.11 及 3.7.1.3 条的要求。

4.6.8 压力脉冲试验

压力脉冲试验装置见图 3, 试验步骤如下:

- a. 关闭控制油口阀①、②, 对伺服阀的供油口施加压力变化的液压油(最大频率不超过 5Hz);
- b. 压力在回油压力(不得小于 0.35MPa)和 90%~105%的额定压力之间周期波动, 升降速率不能太快。每个循环中要有一半以上时间维持供油压力;
- c. 在正负额定电流下各进行 2.5×10^5 次循环;
- d. 试毕, 复测稳态、动态特性性能。

结果应符合 3.7.2.3 条的要求。

4.6.9 环境试验

4.6.9.1 低温启动及低温试验

伺服阀低温启动及低温试验步骤如下:

- a. 把伺服阀置于低温试验台上, 将环境温度和油液温度均降到 -30°C , 保温时间由被试阀的大小决定, 一般为 1h。输入电信号和供给低温工作油进行试验;
- b. 在最低温度下启动试验: 要求在 $\pm 50\%$ 额定电流下阀的 A、B 两腔有油液输出;
- c. 供油压力允许在 $1 \sim 2/3$ 的额定压力范围内变化;
- d. 按规定值作稳态特性测试, 检查伺服阀的性能, 并测试其绝缘电阻;

结果应符合 3.8.1、3.8.2 及 3.7.1.2 条的要求。

4.6.9.2 高温试验

伺服阀高温试验步骤如下:

- a. 把伺服阀置于将环境温度升到 60°C 和油液温度升到 90°C 的高温试验台上, 保温时间由被试阀的大小决定, 一般为 1h。输入电信号和供给高温工作油进行试验;
- b. 测试其绝缘电阻;
- c. 供油压力允许在 $1 \sim 2/3$ 的额定压力范围内变化;
- d. 按规定值作稳态特性测试, 检查伺服阀的性能。

结果应符合 3.8.2 及 3.7.1.2 条的要求。

4.6.9.3 温度冲击试验

试验时, 伺服阀内需注满工作油液, 装上封板, 分别在高低温箱(室)中进行三个循环试验。最高温度和最低温度及保温时间按图 2 规定, 检查绝缘电阻及零偏。

试验结果应符合 3.8.3 及 3.7.1.2 条的要求。

4.6.9.4 湿热试验

伺服阀内需注满工作油液, 装上封板, 按 GJB 4.6 条规定进行四个周期的试验。试验后, 进行绝缘电阻及介电强度的测试, 并进行外观检查。

结果应符合 3.8.4、3.7.1.2、3.7.1.3 及 3.13 条的要求。

4.6.9.5 盐雾试验

伺服阀内需注满工作油液, 装上封板, 将阀放到盐雾试验箱中, 按 GJB 4.11 条规定进行四

个周期的试验。试验后,进行绝缘电阻测试及外观检查。

结果应符合 3.8.5、3.7.1.2 及 3.13 条的要求。

4.6.9.6 霉菌试验

伺服阀内需注满工作油液,装上封板,按 GJB 4.10 条规定进行试验。试验后,进行绝缘电阻的测试及外观检查。

结果应符合 3.8.6、3.7.1.2 及 3.13 条的要求。

4.6.9.7 振动试验

将伺服阀装在振动台上,用软管给阀供工作油液,按 GJB 4.7 规定进行振动试验。试验中应记录伺服阀的零位变化。不应出现影响工作性能的谐振现象。

结果应符合 3.8.7 条的要求。

4.6.9.8 颠震试验

伺服阀内需注满工作油液,装上封板,按 GJB 4.8 条规定进行试验。试验后,检查外观质量,零部件不应松动及损伤,并复测稳态性能。

结果应符合 3.8.8 条的要求。

4.6.9.9 冲击试验

伺服阀内需注满工作油液,装上封板,按 GJB 4.9 条规定进行试验。试验后,检查外观质量,并测绝缘电阻及稳态性能。

结果应符合 3.8.9、3.7.1.2 条的要求。

4.6.10 破坏压力试验

破坏压力试验步骤如下:

a. 开启回油阀以 2.5 倍的额定压力施加于供油口 P 及控制油口 A、B(压力升高不要太快),历时 30s。

b. 给回油口 T 施加 1.5 倍额定压力,历时 30s。

结果应符合 3.7.2.2 条的要求。

4.6.11 抗污染检测

用颗粒计数器检测油液污染度,检测结果符合 3.4.7 条的要求时,伺服阀应能正常工作。

4.6.12 电磁兼容

按 HJB 34 的方法,把伺服阀放在规定的环境中,测定场强,检查阀的性能。

结果应符合 3.10 条的要求。

4.6.13 可靠性检验

伺服阀的可靠性检验由承制方与订购方商定,结果应符合 3.2 条的要求。

5 交货准备

5.1 包装

5.1.1 伺服阀体内应注入与使用条件相符的清洁液压油,阀口用堵塞或盖板封住,油封后装入内有干燥剂的塑料袋中。

5.1.2 随机文件

5.1.2.1 伺服阀的随机文件应装入密封良好、内有干燥剂的塑料包装袋中。

5.1.2.2 随机文件应包括：

- a. 使用维护说明书；
- b. 承制方提交的合格证书；
- c. 履历书。

5.2 装箱

伺服阀应装入专用包装盒内,周围用软质材料填充。

5.3 运输储存

伺服阀在运输过程中应避免破坏性损伤事故发生。伺服阀应储存在阴凉、干燥处;要定期更换干燥剂。

5.4 标志

5.4.1 包装箱外应有“小心轻放”等醒目字样。

5.4.2 包装箱外应有清晰、整齐的文字标明；

- a. 收货单位的名称和地址；
- b. 发货单位的名称、地址及承制方名称；
- c. 伺服阀型号及主要技术参数；
- d. 出厂编号及日期；
- e. 包装箱尺寸。

6 说明事项

6.1 预定用途

本规范所规定的伺服阀拟用于舰船液压伺服系统。

6.2 订货文件内容

合同或订单中应载明下列内容：

- a. 本规范的名称和编号；
- b. 型号；
- c. 数量；
- d. 备品、备件的名称、代号和数量。

6.3 术语

6.3.1 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。

6.3.2 级 stage

伺服阀中的液压放大器为伺服阀的级,伺服阀可以是单级、两级或三级。

6.3.3 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。

6.3.4 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。

6.3.5 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。

6.3.6 分辨率 threshold

使阀的输出产生变化所需的最小输入电流的增量,以额定电流的百分比表示。

6.3.7 正向分辨率

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。

6.3.8 反向分辨率

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。

6.3.9 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。

6.3.10 零偏 null bias

使阀归零时所需的输入信号,扣除阀滞环的影响,用信号的百分比表示。

6.3.11 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6)。

6.3.12 控制流量 control flow

从阀的控制口(A或B)流出的流量(见图5),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有载流量。

6.3.13 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。

6.3.14 名义流量曲线 normal flow curve

流量曲线中点的轨迹。

6.3.15 流量增益 flow gain

流量曲线的斜率。

6.3.16 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,为名义流量增益曲线。其斜率即为名义流量增益。

6.3.17 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的最大偏差来衡量,并以额定电流的百分比表示。

6.3.18 对称度 symmetry

两个极性的名义流量增益一致的程度。用两者之差对较大者的百分比表示。

6.3.19 滞环 hysteresis

在正负额定电流之间,以小于测试设备动态特性作用的速度循环,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。

6.3.20 遮盖 lap

滑阀位于零位时,固定节流棱边与可动节流棱边轴向位置的相对关系。

6.3.20.1 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 13)。

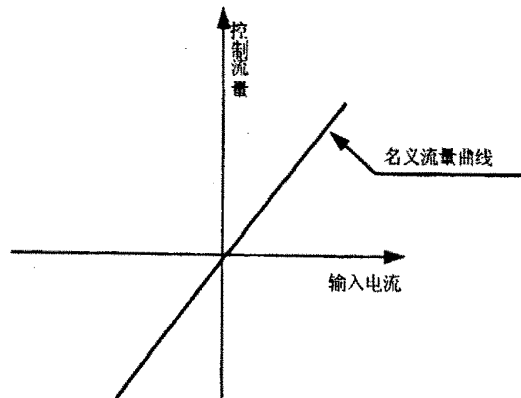


图 13 零遮盖

6.3.20.2 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 14)。

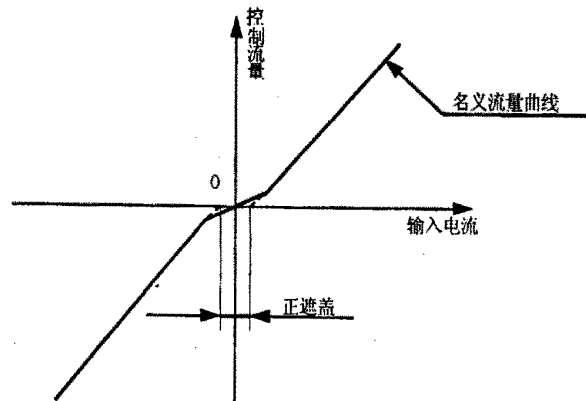


图 14 正遮盖

6.3.20.3 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 15)。

6.3.21 频率响应 frequency response

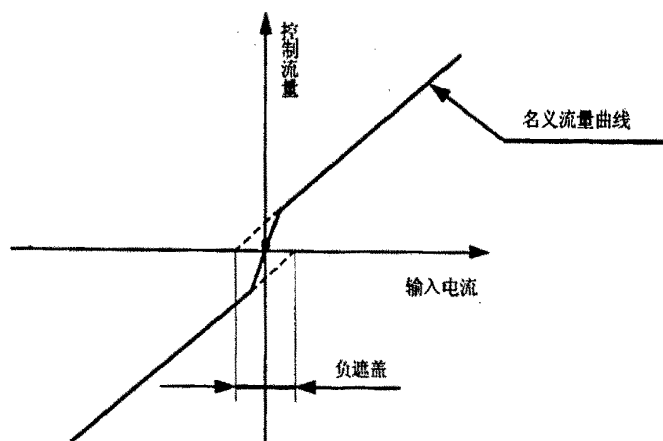


图 15 负遮盖

等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。

6.3.22 幅比值 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。

6.3.23 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。

6.3.24 正流量极性 flow polarity

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

附加说明:

本规范由中国船舶工业总公司提出。

本规范由中国船舶工业总公司 601 院归口。

本规范由中国船舶工业总公司 704 所、601 院负责起草,中国船舶工业总公司 441 厂、中国航天工业总公司 8359 所、中国航空工业总公司 301 所参加起草。

本规范主要起草人:方群、王学星、蔡振仲。龚安友、陈忠发、苗建军、虞伟棠参加起草。

计划项目代号:8CZ10。