



中华人民共和国国家军用标准

FL 1650

GJB 3370—98

飞机电液流量伺服阀 通用规范

General specification, electrohydraulic
flow-control servovalves for aircraft

1998—07—27 发布

1999—01—01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

目 次

1 范围	(1)
1.1 主题内容	(1)
1.2 适用范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 要求	(2)
3.1 详细规范	(2)
3.2 设计要求	(2)
3.3 性能要求	(6)
3.4 环境要求	(8)
3.5 耐久性要求	(9)
3.6 寿命要求	(10)
3.7 可靠性要求	(10)
3.8 维修性要求	(10)
4 质量保证规定	(10)
4.1 一般要求	(10)
4.2 检验责任	(10)
4.3 检验分类	(10)
4.4 鉴定检验	(11)
4.5 质量一致性检验	(12)
4.6 检验方法	(14)
5 交货准备	(34)
5.1 封存和包装	(34)
5.2 装箱	(34)
5.3 贮存和运输	(34)
6 说明事项	(35)
6.1 定义	(35)

中华人民共和国国家军用标准

飞机电液流量伺服阀 通用规范

GJB 3370—98

General specification, electrohydraulic
flow-control servovalves for aircraft

1 范围

1.1 主题内容

本规范规定了飞机液压伺服系统电液流量伺服阀的技术要求、质量保证规定及交货准备等。

1.2 适用范围

本规范适用于军用飞机电液流量伺服阀的研制、生产、检验及验收。

2 引用文件

GJB 145—86	封存包装通则
GJB 150.3—86	军用设备环境试验方法 高温试验
GJB 150.4—86	军用设备环境试验方法 低温试验
GJB 150.9—86	军用设备环境试验方法 湿热试验
GJB 150.10—86	军用设备环境试验方法 霉菌试验
GJB 150.11—86	军用设备环境试验方法 盐雾试验
GJB 150.15—86	军用设备环境试验方法 加速度试验
GJB 150.16—86	军用设备环境试验方法 振动试验
GJB 150.18—86	军用设备环境试验方法 冲击试验
GJB 190—86	特性分类
GJB 250—87	耐液压油和燃油丁腈胶料
GJB 420—87	飞机液压系统用油液固体污染度分级
GJB 456—88	飞机液压系统温度型别和压力级别
GJB 594—88	金属镀覆层和化学覆盖层选择原则与厚度系列
GJB 599A—93	耐环境快速分离高密度小圆形电连接器总规范
GJB 899—90	可靠性鉴定和验收试验
GJB 1443—92	产品包装、装卸、运输、贮存的质量管理要求
GJB 1482—92	飞机液压系统附件通用规范
GJB/Z 9001—96	质量体系—设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式
GJB/Z 9004—96	质量管理和质量体系要素—指南

总装备部 1998—07—27 发布

1999—01—01 实施

HB 0-2-83	螺纹连接的防松方法
HB 0-83-73	航空附件产品型号命名
HB 4-56-57-67	圆截面橡胶密封结构
HB 4-59-67	螺纹连接件的密封结构
HB 6-84-87-79	航空附件产品标牌
HB/Z 4-67	圆截面橡胶密封圈结构设计计算
HB/Z 111-86	电液流量伺服阀系列型谱
HB 5830.5-82	机载设备环境条件及试验方法 振动
HB 5870-85	航空辅机产品运输包装通用技术条件
HB 6649-96	飞机 I、II 型液压系统重要附件污染度验收水平
SY 1181-76	10 号航空液压油
Q/SY 11507-79	12 号航空液压油

3 要求

3.1 详细规范

产品的个性要求应符合详细规范的要求。若本规范与详细规范的要求相抵触,则应以详细规范为准。

3.2 设计要求

3.2.1 机械

3.2.1.1 设计布局

根据控制对象的不同要求,伺服阀可设计成单级、两级或三级伺服阀。推荐采用两级伺服阀,其前置级采用一些无摩擦可变节流孔式放大器,如双喷嘴挡板式、射流管式或射流偏转板式等,其输出级通常采用四通滑阀结构。由输出级至力矩马达采用一些反馈结构以提高阀的性能,如力反馈、电反馈等。

3.2.1.2 互换性要求

3.2.1.2.1 安装要求

外廓尺寸应等于或小于同类型同规格的正在服役的伺服阀。安装尺寸按图 1 的规定。修改造、部件设计时,不应任意更改安装的结构要素。

电连接器应与正在服役的伺服阀相同。推荐选用 GJB 599A 中的插头座。

输入电流极性、线圈连接方式、插座针标号、外引出导线颜色应符合 3.2.2.1 条的规定。

3.2.1.2.2 通油窗口

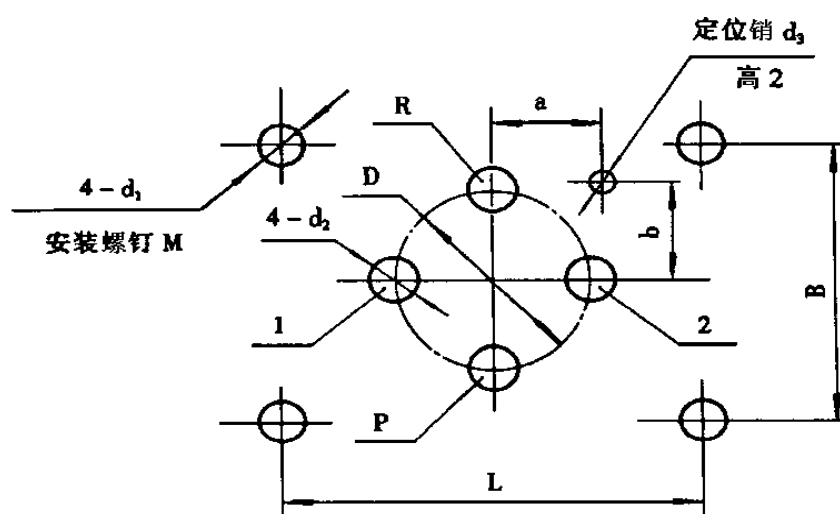
伺服阀的通油窗口尺寸按图 1 的规定。通油窗口的代号应在阀外部清楚标出。

进油窗口 P

回油窗口 R

控制窗口 1 1

控制窗口 2 2



规格	额定流量系列 l/min	L	B	d ₁	D	d ₂	a	b	d ₃	M
1	1, 2, 4, 6, 7.5	24	26	4.5	12.5	3.5	7	7	1.5	4
2	2, 5, 10, 15, 20, 30	44	34	4.5	16	5	10	12	2.5	4
3	25, 32, 40, 53	42	36	5.5	20	6.5	10	12	2.5	5
4	50, 63, 100, 120	50	44	6.5	25	10	18	15	1.5	6

图 1 伺服阀安装孔与通油窗口尺寸系列

3.2.1.2.3 标准件和通用件

凡适用的都应优先选用标准件和通用件。

3.2.1.3 产品型号

产品的型号应符合 HB 0-83 的规定。

3.2.1.4 标牌

标牌及其安装应符合 HB 6-84~87 的规定。

产品标牌的内容应包括：

- a. 承制方名；
- b. 产品名称；
- c. 产品型号；
- d. 产品的主要参数(应包括额定供油压力、额定流量和额定电流)；
- e. 产品编号

3.2.1.5 材料

所用材料应符合 GJB 1482 中第 3.4 节的要求。

3.2.1.6 锁紧

所用螺纹连接零件均应按 HB 0-2 的规定用锁紧丝牢固地锁紧,不能用锁紧丝的地方(如弹簧管底座)可用弹簧垫圈锁紧。

3.2.1.7 结构强度

产品的所有零件均应具有足够的强度,以承受由液压、温度、传动和运输所产生的各种载荷和载荷组合,并能承受在安装和在额定条件下工作期间所作用的扭矩载荷。

3.2.1.8 密封件

密封圈和密封垫的材料应选用 GJB 250 规定的丁腈胶料或与阀所在系统的工作介质相容的其它材料。密封圈的尺寸和其安装槽的尺寸应符合 HB/Z 4 和 HB 4-56~57 的规定,螺纹连接件的密封结构应符合 HB 4-59 的规定。个别由于结构尺寸和重量有特殊要求的地方允许采用非标准件。

3.2.1.9 外观质量

产品表面不应有锈蚀、压伤、毛刺、裂纹及其它缺陷。

3.2.1.10 表面处理

内部金属零件不宜使用任何镀层。其余零件的表面处理应符合 GJB 594 的规定。外部金属零件的表面处理应适用于所处的飞机环境条件。

3.2.1.11 重量

不包括工作液、底面护板的伺服阀重量,以 kg 表示。其指标应符合详细规范的规定。

3.2.2 电气

3.2.2.1 线圈连接与输入电流极性

力矩马达线圈的连接方式、插座针标号、外引出导线颜色及输入电流的正极性按表 1 的规定。

3.2.2.2 额定电流

应在详细规范中规定,并应符合 HB/Z 111 的额定电流系列。一般额定电流系列为:8, 10, 15, 20, 30, 40, 50mA。

3.2.2.3 零值电流

一般零值电流为 0.6~1 倍额定电流。

3.2.2.4 过载电流

一般过载电流为流经力矩马达线圈最大电流的两倍。

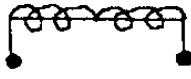
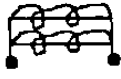
3.2.2.5 线圈电阻

应符合详细规范的规定。线圈电阻公差为名义电阻值的 $\pm 10\%$,同一台伺服阀中,两线圈电阻差值不大于名义电阻值的 5%。

3.2.2.6 绝缘电阻

伺服阀各分离线圈之间和各线圈与壳体之间的绝缘电阻在正常试验条件($25 \pm 10^\circ\text{C}$,相对湿度 20%~80%)下,用 500V 兆欧表测量不小于 50M Ω 。

表 1

线圈连接方式 插座针 标号	差 动	串 联	并 联	单 线 圈
				
外引出 导线的 颜色	绿 红 蓝	绿 红	绿 红	绿 红 黄 蓝
输入电流 的正极性	当 1+ 时, 1 到 2<1 到 3; 当 1- 时, 2 到 1>3 到 1; 用于串联时 2+, 3-	2+1-	2+1-	2+1- 或 4+3-; 用于差动时 1 与 4 相连; 用于串联时 1 与 4 相连; 用于并联时 1 与 3、 2 与 4 相连

在温度冲击、盐雾、霉菌试验后,湿热、高度、高温试验时不小于 5MΩ(其中高度试验时应应用 250V 兆欧表测量)。

3.2.2.7 绝缘介电强度

伺服阀绝缘介电强度是指各分离线圈之间和各线圈与壳体之间经受频率为 50Hz、按表 2 规定之交流试验电压,历时 1min,不应击穿。

表 2

V

状 态	高 温 下	湿热试验后(湿热条件下)	耐久性试验后
电 压	500	375	250

3.2.2.8 线圈阻抗和电感

应符合详细规范的规定。

3.2.2.9 励振

应符合详细规范的规定。一般励振频率 400Hz,峰间值 10% 额定电流。

3.2.3 液压

3.2.3.1 工作压力

额定供油压力和回油压力应符合详细规范的规定。并应符合 GJB 456 规定的压力级别。

3.2.3.2 耐压

伺服阀进油窗口 P、控制窗口 1、2 经受 1.5 倍额定供油压力作用(回油窗口 R 开启);回油窗口 R 经受额定供油压力作用,各保持 2min。不允许有明显的外部泄漏(允许湿润,不允许滴

下)。试验后,伺服阀的零偏、滞环和额定流量应符合详细规范的要求。

3.2.3.3 破坏压力

以 2.5 倍额定供油压力施加于进油窗口 P、控制窗口 1 和 2(回油窗口 R 开启);以 1.5 倍额定供油压力施加于回油窗口 R,各保持 30s,阀不应破坏,不要求阀恢复工作性能。

3.2.3.4 压力脉冲

如果详细规范要求对伺服阀进行压力脉冲试验,则伺服阀进油窗口 P 和(或)回油窗口 R 应按图 2 及 4.6.5.12 条规定各经受 20 万次压力脉冲试验。试验后其性能应符合详细规范的要求。

3.2.3.5 工作液

应符合详细规范的规定。一般应使用符合 SY1181、Q/SY11507 规定的 YH-10、YH-12 航空液压油。

3.2.3.6 工作液温度

工作液温度型别应符合详细规范的规定,并符合 GJB 456 的要求。

3.2.3.7 工作液污染度

飞机液压系统污染度验收水平应不高于 GJB 420 7/A 级,控制水平不高于 GJB 420 8/A 级。

对于喷嘴挡板型伺服阀,性能试验、验收试验和内部油封所用的工作液固体污染度验收水平不高于 GJB 420 6/A 级,控制水平不高于 7/A 级;其它试验所用的工作液固体污染度不高于 8/A 级。

对于射流管式和直接驱动式伺服阀,允许相应降低要求,并应符合详细规范的规定。

3.2.3.8 外部密封性

伺服阀在各种使用条件下和整个工作期限内不得有明显外部泄漏(允许湿润,不允许滴下)。

3.3 性能要求

3.3.1 静态特性

3.3.1.1 额定流量

应符合详细规范的规定,并应符合 HB/Z 111 和图 1 中的规定。其容差一般为 $\pm 10\%$ 。

3.3.1.2 极性

输入正极性电流时,液流从控制窗口 1 流出,由控制窗口 2 流入,规定为正流量极性。

3.3.1.3 内漏

应符合详细规范的规定。

3.3.1.4 线性度

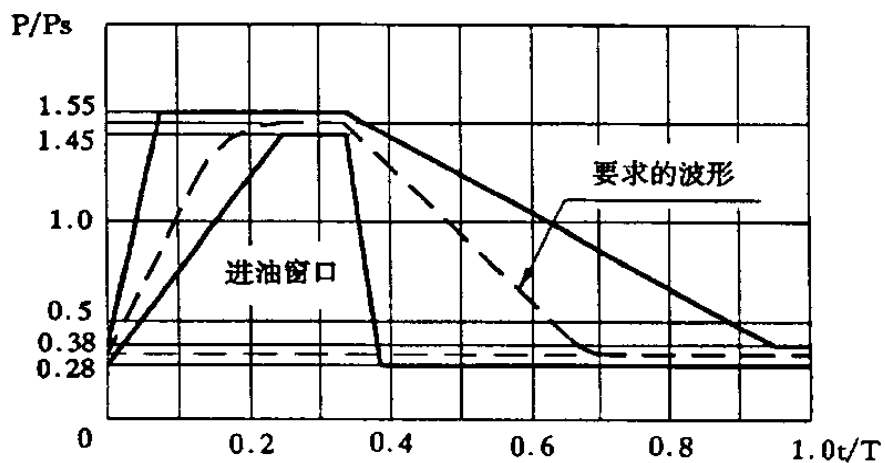
线性度容差不大于 7.5%。

3.3.1.5 对称度

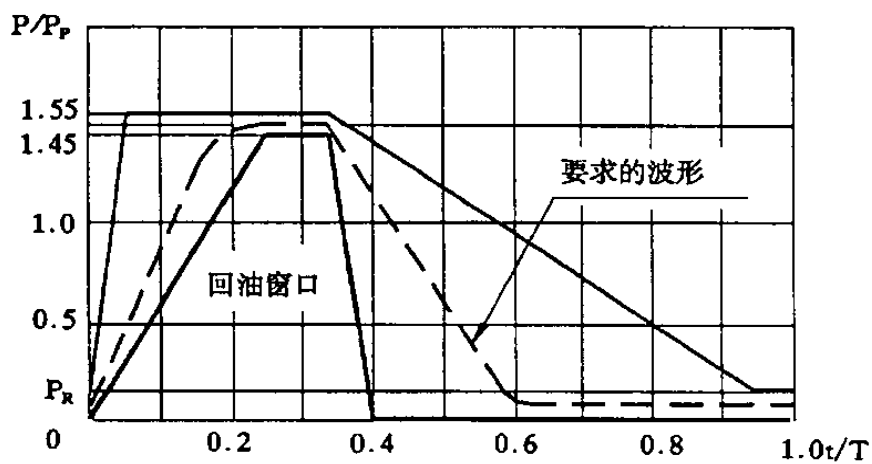
对称度容差不大于 10%。

3.3.1.6 滞环

滞环不大于 5%。



A 进油窗口压力脉冲波形



B 回油窗口压力脉冲波形

图 2

注:① P —脉冲压力。

② P_s —额定供油压力。

③ T —循环周期。

④ P_p —峰值回油压力,即系统的回油路中所能出现的最大瞬时压力。

⑤ P_R —额定回油压力,即系统的回油路中在稳定工作条件下所规定的最高压力。

3.3.1.7 分辨率

分辨率不大于 1%。

3.3.1.8 压力增益

规定压力增益为当控制电流变化 1% 额定电流时, 负载压降的变化超过 30% 额定供油压力。

3.3.1.9 流量极限

当系统要求控制这个参量时, 应符合详细规范的规定。

3.3.1.10 重叠

零重叠阀的重叠公差为 $-2.5\% \sim +2.5\%$ 。

正重叠阀和负重叠阀的重叠公差应符合详细规范的规定。但公差带一般为 5%。

3.3.1.11 零偏

零偏在标准试验条件下测定。验收试验时不大于 2%, 寿命期内不大于 5%。

3.3.1.12 零漂

通常规定五种零漂, 零漂指标应符合详细规范的规定。零漂的衡量以标准试验条件下的零偏为基准。

a. 供油压力零漂

为供油压力在额定供油压力的 80% ~ 110% 范围内的零漂。一般规定为不大于 $\pm 2\%$ 。

b. 回油压力零漂

为回油压力在额定供油压力的 0~20% 范围的零漂。一般规定为不大于 $\pm 3\%$ 。

c. 温度零漂

为温度在 -30°C 到最高温度范围内的零漂。一般规定为平均每变化 28°C 时, 不大于 $\pm 1\%$ 。

d. 加速度零漂

为加速度从零到 GJB 150.15 规定的性能试验的加速度值范围的零漂。一般规定加速度每变化 $1g$, 不大于 0.3%。

e. 零值电流零漂

零值电流为 60% ~ 100% 额定电流范围内单一流向时零漂。取两流向中的最大值。一般规定为不大于 $\pm 2\%$ 。

3.3.2 动态特性

3.3.2.1 频率响应

在标准试验条件下, 输入电流峰间值为 50% 额定电流下测定。

a. 控制流量的幅值比不允许大于 +2dB;

b. 幅频宽和相频宽指标应符合详细规范的规定。

3.3.2.2 瞬态响应

一般不用瞬态响应考核伺服阀的动态特性。如果订购方有要求, 应符合详细规范的规定。

3.4 环境要求

3.4.1 温度

伺服阀应能在 $-55 \sim T^{\circ}\text{C}$ (T —详细规范规定的最高温度) 的温度范围内工作。

在温度试验期间, 性能要求限制在 $-30 \sim T^{\circ}\text{C}$ 温度范围内, 其性能包括额定流量、分辨率和温度零漂。此时, 额定流量容差允许增加到 $\pm 25\%$, 分辨率允许增加到 2%。在 -55°C 下仅

要求伺服阀能够启动。

3.4.2 高度

伺服阀应能在 25 000m 高度内正常工作。在高度试验中只检查绝缘电阻,应符合 3.2.2.6 条的要求。

3.4.3 湿热

伺服阀经受 GJB 150.9 所规定的湿热试验后,其绝缘电阻和绝缘介电强度应符合 3.2.2.6 和 3.2.2.7 条的要求。其外观质量应符合下述要求:

- a. 色泽无明显变暗;
- b. 镀层腐蚀面积小于 3%;
- c. 主体金属无腐蚀。

在通常电镀条件下不易或不能镀到的表面,如孔内部、深凹处等,一般不做腐蚀面积计算。

3.4.4 霉菌

伺服阀经受 GJB 150.10 所规定的霉菌试验后,绝缘电阻应符合 3.2.2.6 条的要求。长霉程度优于 2 级标准。

3.4.5 盐雾

伺服阀经受 GJB 150.11 所规定的盐雾试验后,绝缘电阻应符合 3.2.2.6 条的要求。其外观质量应符合下述要求:

- a. 色泽无明显变暗或镀层布有均匀连续的轻度的膜状腐蚀;
- b. 镀层腐蚀面积小于 6%;
- c. 主体金属无腐蚀。

在通常电镀条件下不易或不能镀到的表面,如孔内部、深凹处等,一般不作腐蚀面积计算。

3.4.6 振动

伺服阀经受 GJB 150.16 和(或)详细规范所规定的振动试验后,其零偏和分辨率应符合详细规范的要求,零组件不允许松动和损坏。

3.4.7 加速度

产品经受的加速度载荷,按 GJB 150.15 确定,并应符合详细规范的规定。

伺服阀应能在 GJB 150.15 或详细规范所规定的加速度性能试验期间正常工作,零漂应符合 3.3.1.12 条 d 项的要求;伺服阀经受 GJB 150.15 所规定的结构试验后,其零偏应符合详细规范的规定。零组件不允许松动和损坏。

3.4.8 冲击

伺服阀经受 GJB 150.18 中试验五或详细规范规定的冲击试验后,其零偏应符合规范的要求。零组件不允许松动和损坏。

3.5 耐久性要求

应符合详细规范的规定。

3.6 寿命要求

3.6.1 首翻期

首翻期应符合详细规范的规定。通常,首次试飞阶段的首翻期不低于 200 飞行小时/2 年

(200Fh/2a)。

3.6.2 总寿命

总寿命应符合详细规范的规定。

3.6.3 贮存期

贮存期应符合详细规范的规定。一般不少于 2 年。

3.7 可靠性要求

应符合详细规范的规定。

3.8 维修性要求

应符合详细规范的规定。

4 质量保证规定

4.1 一般要求

4.1.1 质量保证大纲

承制单位必须建立符合 GJB/Z 9001 和 GJB/Z 9004 的质量保证体系,编制并执行产品质量保证大纲。

4.1.2 相似产品的合格鉴定原则

对于预定在液压系统中起相同功能的一系列产品而言,只要产品的结构原理、零组件结构形式、采用的原材料、加工工艺、热处理、表面处理等与业经合格鉴定的产品完全相同,而且满足耐压压力和破坏压力以及合格鉴定主管部门所指定的有关使用要求,则产品系列中某一产品的合格鉴定结果即可适用于该系列中的任何其它产品。例如,对于仅仅在油口尺寸、油口位置、外壳尺寸和外壳形状等方面与业经合格鉴定的产品有所差别的所有其它产品,这种合格鉴定的原则均适用。但是,应由合格鉴定主管部门作出能否适用的决定。

4.1.3 剪裁

订购方和承制方经协商,可对本规范规定的试验项目进行剪裁。

4.2 检验责任

4.2.1 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或详细规范规定的全部检验项目。应保存每台产品的配套记录和最终性能试验记录,从制造日期起至少保存五年。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。

4.2.2 合格责任

所有产品必须符合第 3 章、第 5 章和合同的要求。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。

4.3 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。

4.4 鉴定检验

鉴定检验的目的在于全面验证产品是否符合合同规定的性能要求和使用环境条件。并以此作为批准定型的依据。遇有下列情况之一时, 应进行鉴定检验;

- a. 产品首次装机试飞前;
- b. 产品设计定型前;
- c. 设计和工艺有重大更改时。

4.4.1 抽样规则

从一批验收的产品中随机抽取 2 台(批量小时可只抽一台, 并应符合详细规范的规定)产品进行鉴定检验。

4.4.2 检验项目

二台产品中的一台按表 3 进行试验, 其中性能试验按表 4 进行。第二台产品按表 5 顺序进行试验。

4.4.3 合格判定

规定的所有检验项目都符合要求, 则判定该批产品可以提交或产品可以定型。若第一次鉴定试验不合格, 允许加倍抽样再次进行鉴定试验。若第二次试验仍不合格, 则该批产品不能提交或产品不能定型。但该批产品的合格零、组件仍可使用。

表 3

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	性能试验 ¹⁾	见表 4	见表 4
2	线圈阻抗和电感	3.2.2.8	4.6.2.2
3	过载电流	3.2.2.4	4.6.2.5
4	加速度零漂	3.3.1.12	4.6.3.11
5	零值电流零漂	3.3.1.12	4.6.3.12
6	低温试验 ¹⁾	3.4.1	4.6.5.1
7	最低温试验 ¹⁾	3.4.1、3.2.3.8	4.6.5.2
8	高温试验 ¹⁾	3.4.1、3.2.2.6 3.2.2.7、3.2.3.8	4.6.5.3
9	温度零漂实验	3.3.1.12	4.6.3.10
10	温度冲击试验	3.2.2.6、3.3.1.11	4.6.5.4
11	高度试验	3.4.2	4.6.5.5
12	湿热试验 ¹⁾	3.4.3	4.6.5.6
13	霉菌试验 ¹⁾²⁾	3.4.4	4.6.5.7
14	盐雾试验 ¹⁾	3.4.5	4.6.5.8

续表 3

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
15	振动试验	3.4.6	4.6.5.9
16	加速度试验	3.4.7	4.6.5.10
17	冲击试验	3.4.8	4.6.5.11
18	性能试验 ¹⁾	见表 4	见表 4
19	压力脉冲试验 ³⁾	3.2.3.4	4.6.5.12
20	性能试验 ³⁾	见表 4	见表 4
21	可靠性验证试验	3.7	4.6.7

注:1)除此外,其余各项试验顺序可以变换。

2)若伺服阀外部无外露非金属零件,则不必做霉菌试验。

3)当订购方要求做压力脉冲试验时才进行。

4.5 质量一致性检验

质量一致性检验分为:

- a. 验收检验;
- b. 定期检验;

表 4

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	耐压、外部密封性	3.2.3.2、3.2.3.8	4.6.3.13
2	线圈电阻	3.2.2.5	4.6.2.1
3	绝缘电阻	3.2.2.6	4.6.2.3
4	低压密封性	3.2.3.8	4.6.3.14
5	极 性	3.3.1.2	4.6.3.2
6	额定流量	3.3.1.1	4.6.3.3
7	线性度	3.3.1.4	4.6.3.3
8	对称度	3.3.1.5	4.6.3.3
9	滞 环	3.3.1.6	4.6.3.3
10	内 漏	3.3.1.3	4.6.3.4
11	分辨率	3.3.1.7	4.6.3.5

续表 4

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
12	压力增益	3.3.1.8	4.6.3.2
13	重 叠	3.3.1.10	4.6.3.3
14	零 偏	3.3.1.11	4.6.3.7
15	供油压力零漂	3.3.1.12	4.6.3.8
16	回油压力零漂	3.3.1.12	4.6.3.9
17	频率响应	3.3.2.1	4.6.4.2

表 5

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	性能试验	见表 4	见表 4
2	耐久性试验	3.5	4.6.6
3	性能试验	见表 4	见表 4
4	破坏试验	3.2.3.3	4.6.3.15

4.5.1 验收检验

4.5.1.1 抽样规则

承制方提交的每台产品均应进行验收检验。

4.5.1.2 检验项目

验收检验按表 6 进行。

4.5.1.3 合格判定

所有验收检验项目通过的产品为合格品。有一项性能不符合要求者,就判为不合格品。

表 6

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	安装孔与通油孔检查	3.2.1.2.2	目 检
2	标牌检查	3.2.1.3	目 检
3	外观质量检查	3.2.1.8	目 检
4	性能试验	见表 4	见表 4
5	重量检查	3.2.1.11	4.6.8

不合格品允许重新调试或更换合格零、组件,在纠正缺陷后,重新提交验收。

4.5.2 定期检验

为保证产品持续稳定地生产,考验材料、工艺、加工等的稳定性,产品在设计定型后,批生产的产品需按本规范的规定进行定期检验。

4.5.2.1 抽样规则

视产品批量而定。产品批量每年大于 50 台时,每年进行一次定期检验;在产品质量稳定的情况下,产品提交数一年小于 50 台,两年累积数超过 50 台时,两年进行一次定期检验;两年累积数不足 50 台,第三年不论累积数是多少,均需进行定期检验。

试验样品从一批验收产品中随机抽取一台。

4.5.2.2 检验项目

定期检验按表 7 进行。

表 7

序 号	项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	性能试验	见表 4	见表 4
2	低温试验和最低温试验	3.4.1、3.2.3.8	4.6.5.1、4.6.5.2
3	高温试验	3.4.1、3.2.2.6 3.2.2.7、3.2.3.8	4.6.5.3
4	振动试验	3.4.6	4.6.5.9
5	耐久性试验	3.5	4.6.6
6	性能试验	见表 4	见表 4

4.5.2.3 合格判定

若试验中有一项特性不符合要求,则认为试验不合格,允许加倍抽样重新试验。加倍抽样中的任一样品存在任一项特性不符合要求时,则作为定期检验最终失败,本批产品不得提交。

经分析故障产生原因,采取纠正措施之后,根据合格鉴定单位的意见,重新进行全部试验或只对不合格项目进行试验。若试验仍不合格,应将不合格情况通知合格鉴定单位。

4.6 检验方法

4.6.1 试验设备及标准试验条件

4.6.1.1 试验设备

伺服阀试验设备应满足以下要求:

- a. 液压源应是定压源,供油压力脉动应尽量小;
- b. 液压管路要尽量短、拐弯少,导管截面积要足够大,试验台的机械和液压振动应尽量小;
- c. 负载调压阀在关闭状态下,应确保无泄漏;

d. 试验台工作液污染度必须定期检查,建议在尽量靠近伺服阀进油口的地方安装过滤比为 $\beta_3 \geq 75$ (相应于绝对过滤度 $3\mu\text{m}$) 的油滤,工作液污染度应符合 3.2.3.7 条的要求。工作液每月或工作 200h 抽样化验一次;

e. 为减小容积弹性影响,测试压力增益的压力传感器安装部位应尽可能靠近伺服阀安装座,负载腔容积要尽量小;

f. 伺服阀试验台流量计应满足以下要求:能在高压处测流量;能判别流向;测量范围从零到所需流量;流量计及其连接管道上的压降应不大于 2% 额定供油压力;

g. 试验设备及测量仪器的各项性能指标应满足国家规定的有关标准或计量的检定规程,并按规定期限进行检定;

h. 输入电流信号的信噪比不大于 0.1%;

i. 液压系统应设置放气装置。

4.6.1.2 误差和测量等级

a. 误差

按规定进行过计量检定的任何设备、仪器和方法,只要其测量的系统误差不超过表 8 的限度都可使用。

表 8

测 量 等 级	A	B	C
输入电流 %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
流 量 %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
压 力 %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
温 度 $^{\circ}\text{C}$	± 1.0	± 2.0	± 3.0

注:表中给出的百分比范围是指被测值,而不是试验的最大值或仪器的最大读数。

b. 测量等级

根据所需要的精度,可以按 A、B、C 三级测量精度的任一级进行试验。取得订购方同意后的测量等级应在产品试验大纲中规定。A、B 等级需要用更精密的设备、仪器和方法,只限在要求较精确性能的场合使用。

4.6.1.3 标准试验条件

除另有说明外,伺服阀所有的性能要求均在下述标准试验条件下进行试验:

室温 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$

湿度 相对湿度 10% ~ 90%;

振动 无;

工作液温度 $40 \pm 6^{\circ}\text{C}$;

供油压力 额定供油压力(容差为 $\pm 2\%$)加回油压力;

回油压力 不超过 3% 额定供油压力;

工作液污染度 应符合 3.2.3.7 条的要求。

4.6.2 电气性能试验

4.6.2.1 线圈电阻

使用惠斯顿电桥或数字万用表进行测量。将测量结果按下式换算为 20℃ 的电阻：

$$R_{20} = \frac{254}{234 + t} R_t \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_{20} —20℃ 时线圈电阻值, Ω

t —测量时的环境温度, $^{\circ}\text{C}$

R_t —温度为 t 时的线圈电阻值, Ω

应分别测出每个线圈的电阻值。测量时不必给伺服阀供给液压。

测量结果应符合 3.2.2.5 条的要求。

4.6.2.2 线圈阻抗和电感

线圈阻抗和电感测量装置如图 3 所示。将伺服阀线圈接成串联状态, 选一个适当的音频信号发生器, 给伺服阀线圈和与其相串联的无感电阻输以频率为 60Hz、峰间值为 1/4 额定电流的信号。建议串联的无感电阻的阻值与被测线圈的阻值相同。测量时应供给伺服阀额定供油压力。测量步骤如下：

- a. 测量交流电压 e_R 、 e_T ；
- b. 测量 e_R 和 e_T 的夹角 α (或测量电压 e_V)；
- c. 作出电压向量图, 用下列各式确定线圈阻抗和电感。

相角

$$\beta = \text{tg}^{-1} \frac{e_T \sin \alpha}{e_T \cos \alpha - e_R} \dots\dots\dots (2)$$

阻抗

$$Z = \frac{R e_T \sin \alpha}{e_R \sin \beta} = R \frac{e_V}{e_R}, \Omega \dots\dots\dots (3)$$

电感

$$L = \left(\frac{e_T}{e_R} \right) \cdot \left(\frac{R}{2\pi f} \right) \sin \alpha = \frac{e_L}{e_R} \cdot \frac{R}{2\pi f}, \text{H} \dots\dots\dots (4)$$

测量结果应符合 3.2.2.8 条的要求。

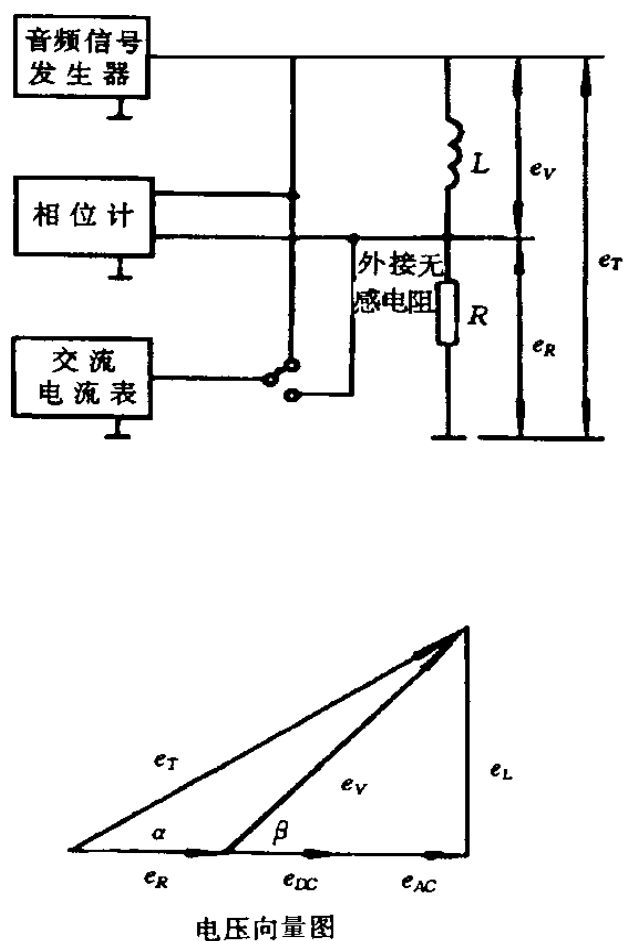


图3 线圈阻抗和电感测量装置

图中： R —电阻， Ω ；

L —电感， H ；

e —电压， V ；

e_L —力矩马达线圈电感引起电压降， V ；

e_{DC} —直流电阻引起的电压降， V ；

e_{AC} —与反电势相关的附加同相电压降， V 。

4.6.2.3 绝缘电阻

应用精度不低于2.5级的500V兆欧表测量绝缘电阻，测量结果应符合3.2.2.6条的要求。试验中不对伺服阀供给液压，但湿式力矩马达应浸在工作液中。

4.6.2.4 绝缘介电强度

按3.2.2.7条要求测量绝缘介电强度。测量顺序是高温试验中、湿热试验后(湿热条件下)、耐久性试验后，只允许测三次。绝缘介电强度试验台功率应不小于0.5kVA，试验电压应均匀地升高到规定值，升压速度以能够判读电压表的指示值为宜。试验过程中若发生击穿，则整个线路的电流突然增大，这时接在线路中的过电流保护继电器动作，击穿指示灯亮。试验时

不对伺服阀供给液压,但湿式力矩马达应浸在工作液中。

测量结果应符合 3.2.2.7 条的要求。

4.6.2.5 过载电流

在室温条件下,慢慢地给伺服阀线圈加上规定的过载电流,保持 2min。试验后测量绝缘电阻应符合 3.2.2.6 条的要求。试验时不对伺服阀供给液压,但湿式力矩马达应浸在工作液中。

4.6.3 静态特性试验

4.6.3.1 一般要求

- a. 推荐试验装置原理图如图 4 所示;
- b. 规定线圈连接方式为串联;
- c. 将伺服阀装到试验台上后,对伺服阀供给液压,在空载情况下在正负额定电流之间循环若干次,清除系统内的空气和使工作液温度稳定下来。
- d. 静态试验记录可用“逐点法”,亦可用“连续法”。本规范推荐的方法是以“连续法”为主。采用“逐点法”试验时亦可参考本节介绍的方法;
- e. 采用“连续法”试验时,输入电流波形应为从零点起振的三角波(见图 5)。适当选择扫描频率,使 X—Y 记录仪造成的误差不大于 0.5%。

4.6.3.2 压力特性—压力增益、极性

- a. 开启阀 V4,关闭阀 V3;
- b. 关闭负载节流阀 V2;
- c. 关闭阀 V1,调整溢流阀 V5 使供油压力 P_s 为额定供油压力加回油压力;
- d. 调整输入电流扫描频率(应非常低,以避免速度效应)并使幅值为 $\pm 0.2I_n$,选择 X—Y 记录仪合适比例常数,对好零点。K1 接通 B, K2 接通 C;
- e. 在绘图笔抬起状态做一完整循环;

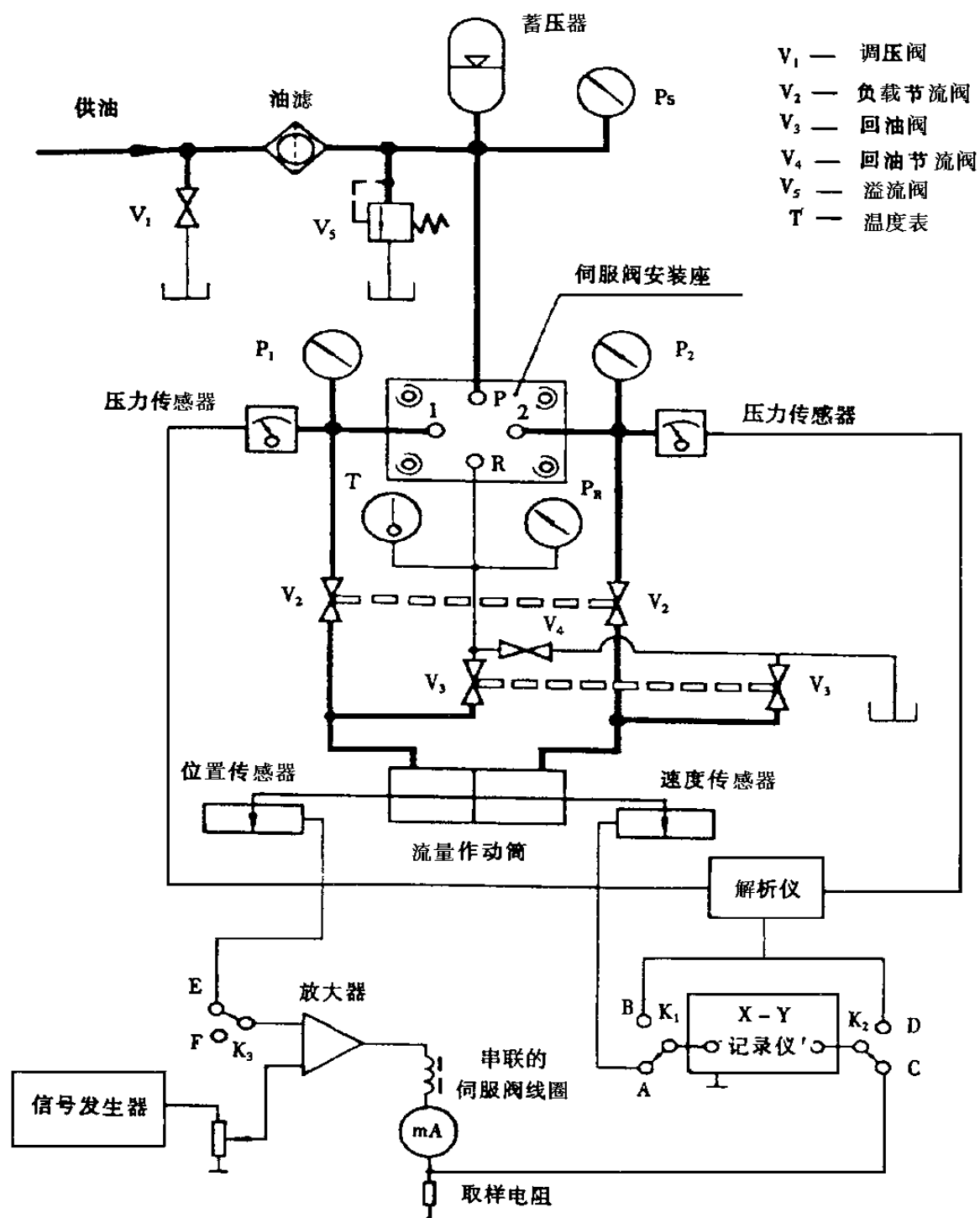


图 4 静态试验装置

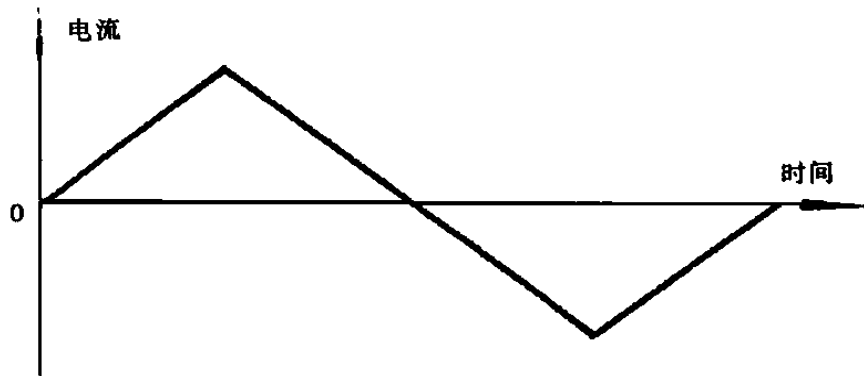


图5 输入电流波形

- f. 放下绘图笔,记录一个完整循环,即压力特性曲线(见图6);
g. 取压力特性线任一侧,对应 $\pm 40\%$ 额定供油压力处两点连线的斜率,就是压力增益;

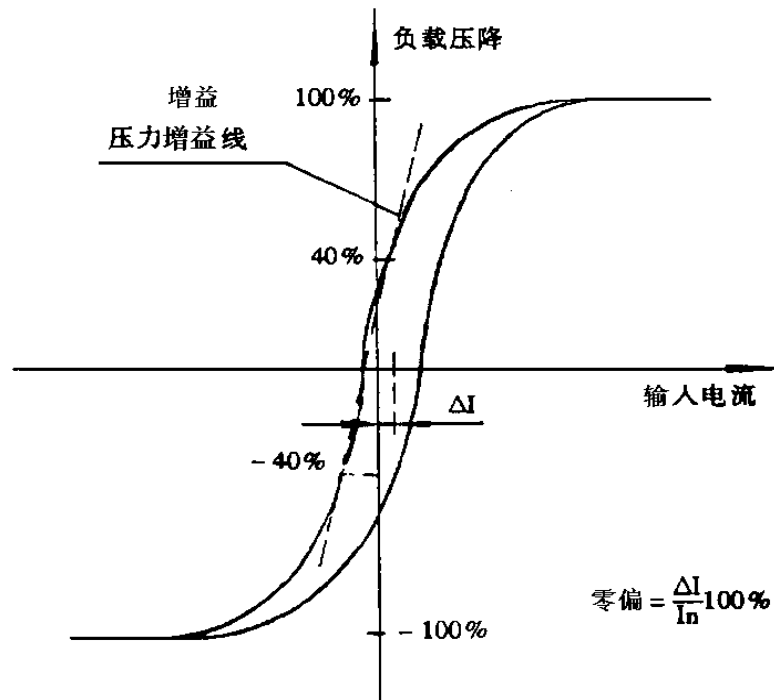


图6 压力特性

- h. 对应正输入电流,控制窗口压力 P_1 大于 P_2 ,即为正极性。此时也可用手输入电流,观察控制窗口压力表的高低来检查极性;
i. 压力特性曲线与横座标交点之中点电流值,与额定电流之比,以百分数表示,即零偏。见图6。

4.6.3.3 空载流量特性—额定流量、滞环、线性度、对称度、重叠

- a. 开启阀 V_4 , 关闭阀 V_3 ;
- b. 开启负载节流阀 V_2 ;
- c. 关闭阀 V_1 , 调整溢流阀 V_5 使供油压力 P_s 为额定供油压力加回油压力, 在最大控制流量时应满足此要求;
- d. K_3 接通 E, 使作动筒活塞停在一端(通常停在靠近一端的适当位置);
- e. K_3 接通 F, 调整输入电流频率并使幅值为 $\pm I_n$ 。选择 X—Y 记录仪合适的比例常数, 对好零点。 K_1 接通 A, K_2 接通 C;
- f. 绘图笔抬起状态做一个完整循环。注意活塞不应碰到两端。全流量曲线的绘制速度通常控制在小于 0.1Hz。当通过阀的零位时, 为了避免由于流量测量活塞反向而在曲线上产生一个非线性部分, 有时应适当降低循环速度;
- g. 重复本条 d、e 项, 放下绘图笔, 记录一个完整循环, 即为流量曲线(见图 7)
- h. 计量出在零流量时流量曲线两侧之中点的电流值, 与额定电流之比, 以百分数表示, 即为零偏;
- i. 按图 7 所示方法确定额定流量的实测值。通常也可用手动输入 $\pm I_n$, 从流量计上读取额定流量实测值;
- j. 由图 7 计量出流量曲线最大宽度的电流差值, 与额定电流之比, 以百分数表示, 即滞环;
- k. 在流量曲线的任一侧, 按 6.1.28 和 6.1.29 条的定义确定线性度和对称度;
- l. 适当增加 X—Y 记录仪的灵敏度(增大比例常数), 相应减小输入电流幅值到 $\pm 0.2I_n$, 重复本条 a~g 项, 作出流量曲线, 按 6.1.36 条的定义确定重叠。

4.6.3.4 内漏

- a. 开启阀 V_3 , 关闭阀 V_2 、 V_4 ;
- b. 重复 4.6.3.3 条中的 c~e 项, 注意活塞应停在左端;
- c. 记录从正额定电流到负额定电流变化时的内漏曲线。注意通过零位附近时, 应减慢扫描速度。整个试验应在作动筒活塞碰上另一端前进行完。为避免活塞碰上另一端后使回油压力升高, 试验装置中应采取适当的安全措施;
- d. 内漏曲线的最高点对应的流量即内漏(见图 8)。

注: 高频脉动信号会使阀出现微小的负重叠, 使内漏增大, 所以测内漏时不加高频脉动信号。

4.6.3.5 分辨率

- a. 进行 4.6.3.3 条中的 a~d 项工作;
- b. K_3 接通 F, 适当增加 X—Y 记录仪两个通道的灵敏度, 使之能辨别出阀的分辨率。 K_1 接通 A, K_2 接通 C;
- c. 放下绘图笔, 用手慢慢输入电流, 在 10% 额定电流处停止, 然后慢慢减小电流, 直到记录下相应的流量变化为止。对于正重叠阀, 应该在重叠区以外 10% 额定电流处停止。
- d. 取图线中的电流变化值, 与额定电流之比, 以百分数表示, 即分辨率。

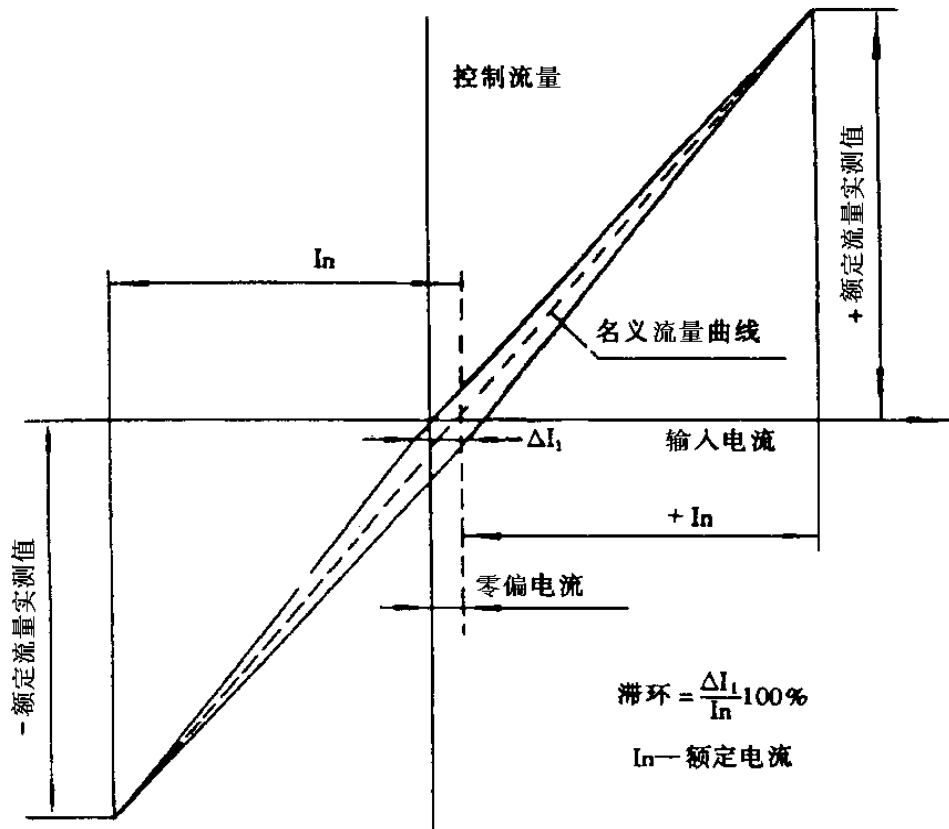


图7 控制流量曲线

4.6.3.6 位置闭环法(复位法)测零偏

试验装置如图9。将开关S关上,构成一个位置反馈回路,该回路增益应 $\geq 25 S^{-1}$,为消除分辨率影响,在阀的输入信号中,应引入适当的励振。当动作筒回复到指令位置时,放大器给伺服阀的输入电流即零偏电流。

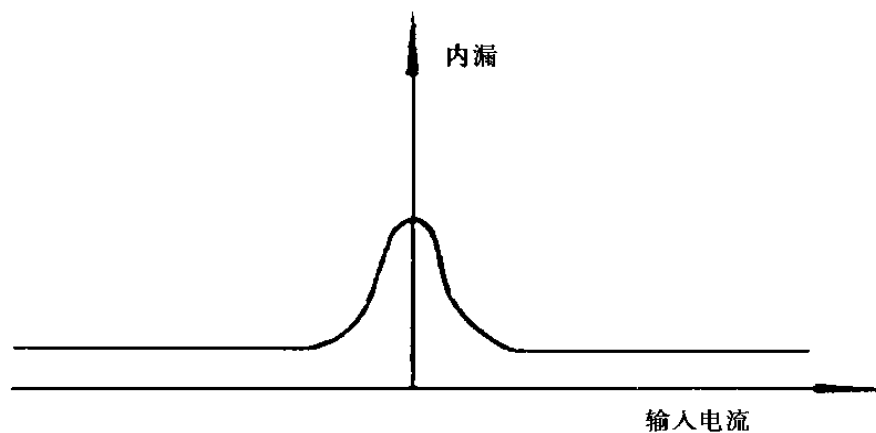


图8 内漏曲线

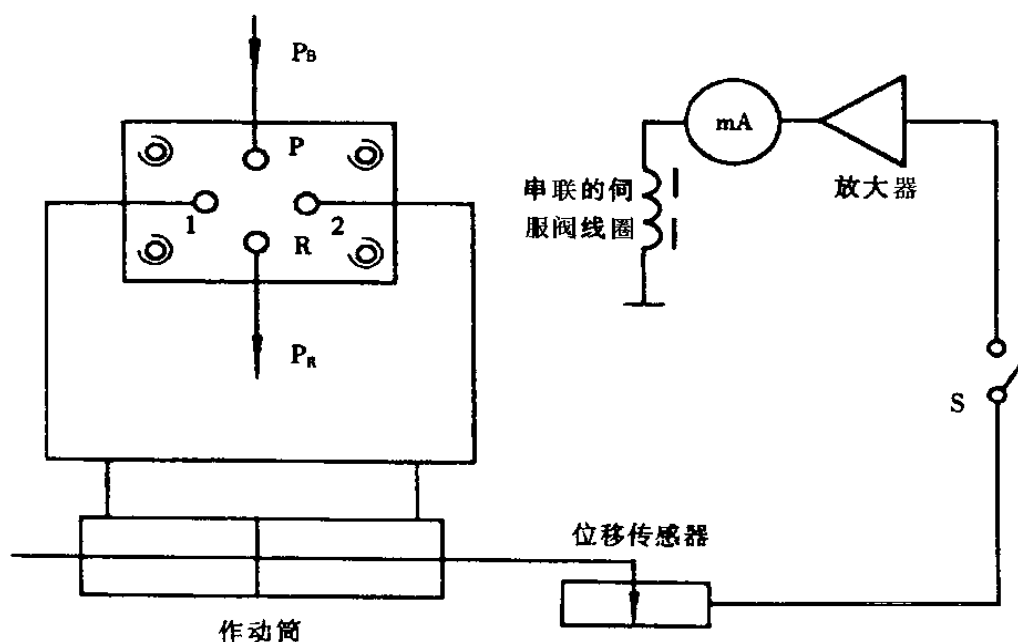


图9 零漂试验装置

本方法一般用于测零漂；能够在试验过程中（如振动试验过程中）随时监测伺服阀的零偏变化。在测回油压力零漂时，本方法较为适宜。

4.6.3.7 零偏

就大多数情况而言，用 4.6.3.2 和 4.6.3.3 条测得的零偏是足够精确的，可是有时需要更精确地测试零偏，就应按下述方法进行测定。

4.6.3.7.1 流量曲线测零偏

a. 进行 4.6.3.3 条中的 a~c 项工作；

b. K_3 接通 F，为消除残留滞环，输入电流首先应连续地缓慢地在正、负额定电流之间循环，然后逐步减小输入电流且在每个减小后的电流值下进行一个完整的循环，直到输入电流减小到零为止；

c. 调整输入电流扫描频率并使幅值为 $\pm 0.1 I_n$ ，将 X-Y 记录仪比例常数适当放大，对好零点， K_1 接通 A， K_2 接通 C；

放下绘图笔，记录一个完整循环，即为伺服阀零位附近的流量曲线；

计量出在零流量时流量曲线两侧之中点的电流值，与额定电流之比，以百分数表示，即零偏。

4.6.3.7.2 压力曲线测零偏

a. 完成 4.6.3.7.1 条中的 a、b 项工作

b. 调整输入电流扫描频率并使幅值为 $\pm 0.1 I_n$ ，将 X-Y 记录仪的比例常数适当放大，对好零点， K_1 接通 B， K_2 接通 C；

放下绘图笔,记录一个完整循环,即为伺服阀零位附近的压力特性曲线;

计量出在零负载压降时压力特性线两侧之中点的电流值,与额定电流之比,以百分数表示,即零偏。

4.6.3.7.3 手动压力法测零偏

a. 完成 4.6.3.7.1 条中的 a、b 项工作;

b. 手动输入电流,从零缓慢增加到 $+0.1I_n$,然后缓慢减小直到 $-0.1I_n$,再回到零,在此期间注意观察并记录两控制窗口压力第一次相等 ($P_1 = P_2$) 时的电流值 I_1 ,和再次相等时的电流值 I_2 ;

I_1 和 I_2 两电流值之中点的电流值与额定电流之比,以百分数表示,即零偏。

注:在满足使用要求的前提下,4.6.3.2、4.6.3.3、4.6.3.7 条规定的五种测零偏方法等效。但本规范推荐压力法(曲线法和手动法)测零偏。对于正重叠阀,推荐用曲线法。在环境、耐久性试验时,在非伺服阀专用试验台上时,推荐采用压力曲线法。

4.6.3.8 供油压力零漂

调节供油压力以适当增量变化,用 4.6.3.2、4.6.3.3、4.6.3.6 和 4.6.3.7 条规定的六种测零偏的方法中的任一种方法,测出每一个供油压力下的零偏电流,绘成图线,按 3.3.1.12 条的定义确定零漂。

4.6.3.9 回油压力零漂。

调节回油压力以适当增量变化,用复位法测出每一个回油压力下的零偏电流,绘成图线,按 3.3.1.12 条的定义确定零漂。

4.6.3.10 温度零漂

a. 将环境和工作液温度调节到 $40 \pm 2^\circ\text{C}$,按上述六种测零偏方法中的任一种方法检测一次零偏;

b. 缓慢地将环境和工作液温度降低到 -30°C ,然后上升到 $T^\circ\text{C}$,再返回到 -30°C ,进行一个温度循环,其持续时间不少于 5h。在温度上升和下降的两个方向上,每隔 10°C 用 a 项中所用的同一方法检测一次零偏,其时温度容差为 $\pm 3^\circ\text{C}$;

c. 将每一温度下的零偏值绘成图线,曲线上的每一点对 a 项所测得的零偏值的最大偏离值即温度零漂。

4.6.3.11 加速度零漂

a. 为避免污染伺服阀,试验前必须仔细清洗离心加速度试验台的整个液压系统,并在旋转接头下游,伺服阀进油窗口前安装一个精滤;

b. 将伺服阀装在加速度试验台上,按 GJB 150.15 中性能试验的方法进行试验。由于伺服阀对加速度零漂敏感的方向是阀芯轴线方向,所以安装时应使阀芯的轴线与离心力的方向一致;

c. 用复位法或压力连续曲线法对每一个增量下的加速度测出零偏电流,绘成图线,按 3.2.1.12 条的定义确定零漂。

注:①压力传感器的安装应尽可能靠近伺服阀,以便把加速油柱所引起的误差减至最小。

②必要时允许加速度零漂试验和加速度试验同时进行,同时考核功能适应性和结构完好性。

4.6.3.12 零值电流零漂

将力矩马达线圈按图 10 连接成差动形式。

- a. 进行 4.6.3.2 条中的 a~c 项工作
- b. 调节零值电流电位计使零值电流为 $0.6I_n$;
- c. 调节偏置电流电位计使差动输入电流为 $+I_n$;
- d. 将差动输入电流慢慢减小到零, 然后调整到 $-I_n$;
- e. 为消除滞环的影响, 连续缓慢地在正、负差动输入电流之间循环, 同时逐步减小差动输入电流, 直到其值减小到零为止, 并注意控制窗口的压力;
- f. 慢慢地输入一个合适的差动电流, 将阀调到零位, 也即使得两控制窗口压力相等, 记下差动电流;
- g. 慢慢地在同一方向增加差动电流, 直到控制窗口压力变化为止;
- h. 反向输入差动电流, 直到两控制窗口压力再次相等, 记下差动输入电流;
- i. 该零值电流下的零偏电流即为上述步骤中所记下的两个差动输入电流的平均值;

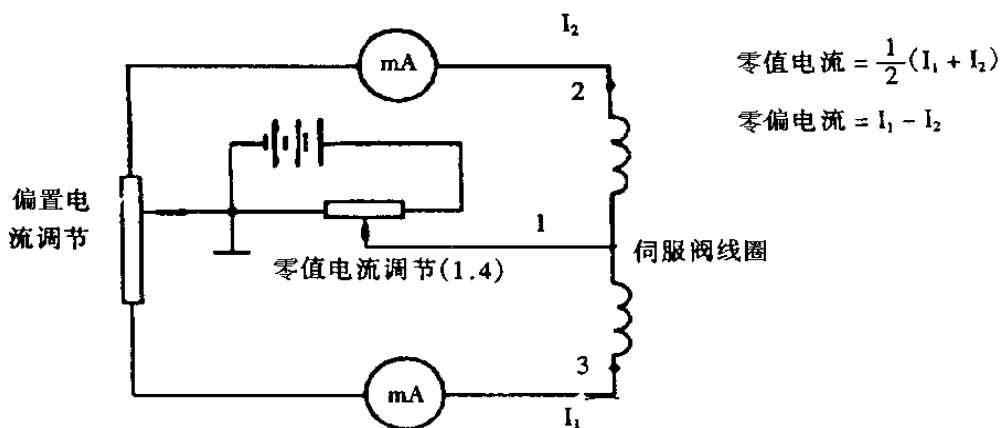


图 10 零值电流零漂试验装置

- j. 以适当增量增大零值电流, 直到其值等于额定电流 I_n , 在每一个零值电流下, 重复本条 f~i 项工作, 测得相应的零偏电流;
- k. 将测量的零偏电流绘成图线, 按 3.3.1.12 条的定义确定零漂。

4.6.3.13 耐压试验

- a. 关闭回油阀;
- b. 关闭负载节流阀;
- c. 以不大于 176MPa/min 的速率供给阀额定供油压力(容差为 $+5\%$), 保持 2min, 其外部密封性应符合 3.2.3.8 条的要求;
- d. 打开回油阀;
- e. 以不大于 176MPa/min 的速率供给阀 1.5 倍额定供油压力(容差为 $+5\%$);
- f. 缓慢输入正额定电流和负额定电流, 各保持 2min, 其外部密封性应符合 3.2.3.8 条的要求;

g. 试验后,在标准试验条件下,按 4.6.3.3 条的方法检查零偏、额定流量和滞环,应符合 3.3.1.1、3.3.1.6 和 3.3.1.11 条的要求。

4.6.3.14 低压密封性

将阀窗口“P”、“1”和“2”盖住,以 25kPa 的压力向回油窗口“R”加压,保持 12h,其外部密封性应符合 3.2.3.8 条的要求。

4.6.3.15 破坏试验

- a. 关闭回油阀;
- b. 打开负载节流阀(若泄漏量过大建立不起压力时,允许关闭负载节流阀);
- c. 以不大于 176MPa/min 的速率供给阀 1.5 倍额定供油压力(容差为 +5%),保持 30s,阀不应破坏;
- d. 打开回油阀;
- e. 以不大于 176MPa/min 的速率供给阀 2.5 倍额定供油压力(容差为 +5%),保持 30s,阀不应破坏。

4.6.4 频率响应试验

4.6.4.1 试验装置

试验装置见图 11。

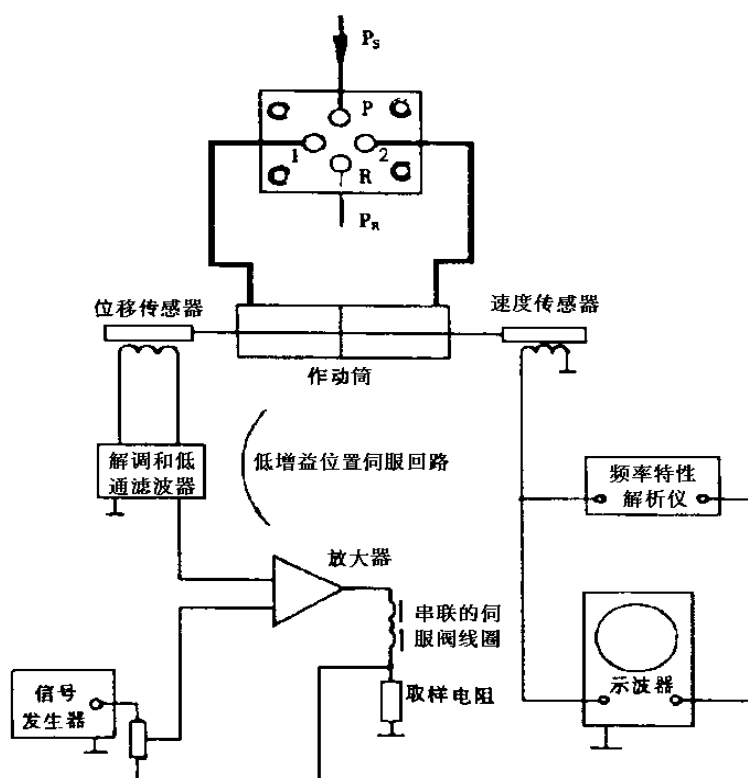


图 11 频率特性试验装置

频率响应试验装置除 4.6.1.1 和 4.6.1.2 条的要求外,还应满足以下要求:

- 作动筒与阀的连接管路要短而粗;
- 作动筒运动部分的质量轻、摩擦小、泄漏小;
- 作动筒固有频率应远远大于伺服阀的固有频率;
- 线圈连接方式为串联。输入电流信号应是无畸变的正弦波,其幅值不应随频率变化。

4.6.4.2 试验方法

- 按图 11 将线路连好;
- 输入电流峰间值为 50% I_n 的正弦波;
- 使输入信号频率通常从 5 或 10Hz 开始,按一定增量选择频率。对应每一个频率记录控制流量幅值,以及控制流量对输入电流的相位差;
- 作出对数频率特性曲线(见图 12);

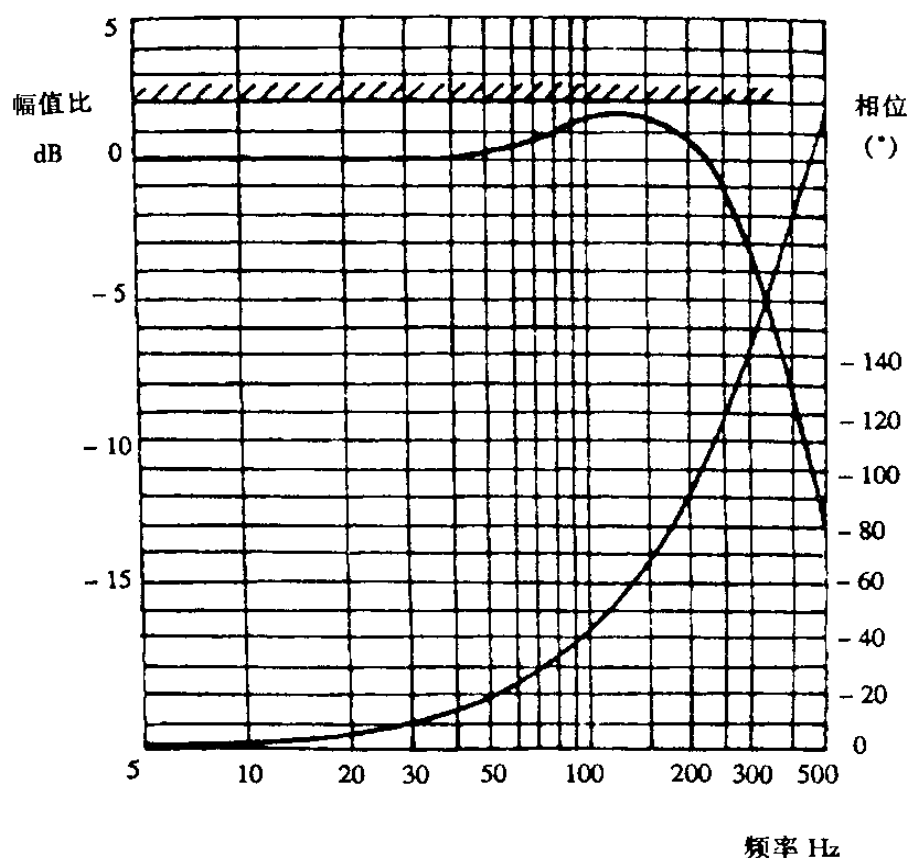


图 12 频率特性

- 按 6.1.42.1 和 6.1.42.2 条的定义确定幅频宽和相频宽。

4.6.5 环境试验

4.6.5.1 低温试验

- a. 将阀安装在低温试验台上;
- b. 将环境和工作液温度均降低到 $-30 \pm 30^{\circ}\text{C}$;
- c. 保温 1h;
- d. 在低温下检查阀的额定流量和分辨率。这时, 其流量容差增加到 -25% , 分辨率增加至 2% 。

4.6.5.2 最低温试验

4.6.5.2.1 最低温贮存试验

按 GJB 150.4 的规定, 将伺服阀装在试验箱内低温贮存 24h, 温度为 -55°C 或详细规范中规定的温度。

恢复后检查外部密封性, 应符合 3.2.3.8 条的要求。

4.6.5.2.2 最低温工作试验

- a. 将阀安装在低温试验台上, 关闭负载节流阀;
 - b. 将环境和工作液温度均降低至 $-55 \pm 3^{\circ}\text{C}$;
 - c. 保温 1h;
 - d. 向阀输入 $\pm 50\% I_n$, 以最大为 0.25Hz 的速率工作不超过 3 次, 要求伺服阀能启动, 即控制窗口压力应随着发生相应的变化;
 - e. 检查外部密封性, 其结果应符合 3.2.3.8 条的要求。
- 此项试验中不测阀的其它性能。

4.6.5.3 高温试验

4.6.5.3.1 高温贮存试验

按 GJB 150.3 的规定, 将伺服阀装在试验箱内高温贮存 48h, 温度为 70°C , 相对湿度不大于 15% 。

恢复后检查阀的绝缘电阻和外部密封性, 其结果应符合 3.2.2.6 和 3.2.3.8 条的要求。

4.6.5.3.2 高温工作试验

- a. 将伺服阀安装在高温试验台上。为防止工作液碳化, 试验台油箱应是惰性气体增压的密封油箱;
- b. 试验箱内的相对湿度不大于 15% ;
- c. 将环境和工作液温度均升到 $T^{\circ}\text{C}$, 保温 1h;
- d. 在高温条件下, 检查阀的额定流量和分辨率。这时, 其流量容差增加到 $+25\%$, 分辨率增加到 2% ;
- e. 在高温条件下, 检查阀的绝缘电阻和绝缘介电强度, 其结果应符合 3.2.2.6 和 3.2.2.7 条的要求;
- f. 在高温条件下检查阀的外部密封性, 在试验过程中外部密封性应符合 3.2.3.8 条的要求。

注: 低温、最低温及高温试验时, 实际供油压力允许在 $(1 \sim 2/3)$ 倍额定供油压力范围内变化。

4.6.5.4 温度冲击试验

温度冲击试验时, 不给阀供给液压。在阀内注满工作液, 底面装上护板, 拧上电气插头。

然后按图 13 分别在低温箱和高温箱中进行 3 个循环。温度冲击试验后,在标准试验条件下,按 4.6.2.3 和 4.6.3.7 条的方法检查绝缘电阻和零偏,其结果应分别符合 3.2.2.6 和 3.3.1.11 条的要求。产品在高、低温箱之间转移时,应尽量减少直接热传导和受强制循环空气影响。

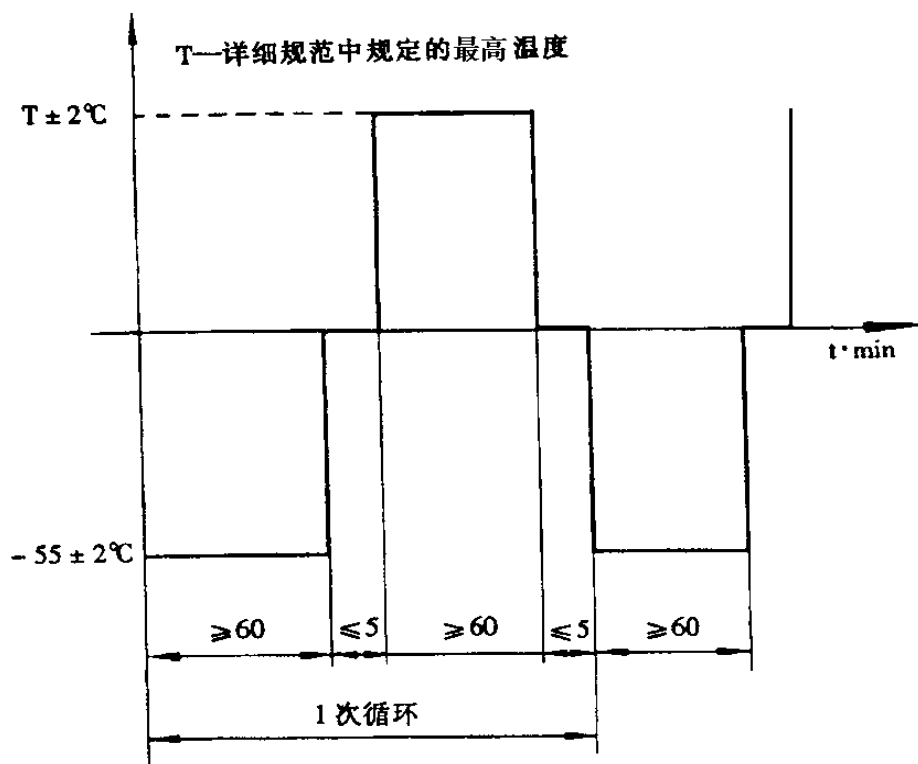


图 13 温度冲击图

4.6.5.5 高度试验

高度试验时不给阀供给液压,阀内注满工作液,底面装上护板,拧上电气插头,置于真空容器中,模拟 25 000m 高度,或 2.8kPa 绝对大气的高度,然后用 250V 兆欧表测量绝缘电阻,其结果应符合 3.2.2.6 条的要求。

4.6.5.6 湿热试验

试验时不给阀供给液压。阀内注满工作液,底面装上护板,拧上电气插头,置于专用容器中,按 GJB 150.9 规定的方法进行试验,试验 10 个周期后,在湿热条件下,检测绝缘电阻、绝缘介电强度和外观质量,其结果应分别符合 3.2.2.6、3.2.2.7 和 3.4.3 条的要求。

注:做过盐雾和霉菌试验的产品不能再用来做湿热试验。

4.6.5.7 霉菌试验

试验时不给阀供给液压。阀内注满工作液,底面装上护板,拧上电气插头,置于专用容器中,按 GJB 150.10 规定的方法进行试验,试验周期为 28 天。试验后,检查绝缘电阻和长霉程度,其结果应分别符合 3.2.2.6 和 3.4.4 条的要求。

4.6.5.8 盐雾试验

试验时不给阀供给液压。阀内注满工作液,底面装上护板,拧上电气插头,置于专用容器

中,按 GJB 150.11 规定的方法进行试验,试验周期为 48h,试验结束后,检查绝缘电阻和外观质量,其结果应分别符合 3.2.2.6 和 3.4.5 条的要求。

4.6.5.9 振动试验

4.6.5.9.1 试验夹具

伺服阀振动试验夹具应满足以下要求:

应在 3000Hz 的频率以下不产生共振;

设有供全部液压和电气联接用的接头;

靠近伺服阀安装点应设有安装加速度传感器的装置。

4.6.5.9.2 振动试验

a. 环境分类

根据飞机的类型、产品在飞机上的安装位置和产品重量按 GJB 150.16 中表 1 的规定确定适合于产品的环境分类;

b. 试验程序和试验条件按 GJB 150.16 中 2.2 条的规定选择试验程序和试验条件,并符合详细规范的规定。

一般采用随机振动试验方法,如果试验设备受到限制,也可采用 GJB 150.16 中附录 A 规定的正弦振动方法;

伺服阀对振动敏感的方向是阀芯轴线方向,所以只在阀芯轴线方向上进行振动试验;

c. 共振检查

按 HB 5830.5 中 4.1.2.1 条的方法进行共振检查和最终共振检查。不允许有影响工作性能的共振;如果有不影响性能的共振点,则应在共振点的频率持续振动 30min,并在耐久试验的持续时间中减去这段时间;

d. 检测要求

在功能试验时,用 4.6.3.6 条的方法始终监测阀的零偏,其零漂应符合详细规范的要求。

试验后,检查外观质量、零偏和分辨率,其结果应符合 3.4.6 条的要求。

4.6.5.10 加速度试验

伺服阀按 GJB 150.15 中结构试验或详细规范所规定的试验方法进行加速度结构试验。达到规定加速度值后,至少保持稳定旋转速度 1min,然后卸载。试验时伺服阀不工作。

伺服阀对加速度敏感的方向是阀芯轴线方向,又因伺服阀是属于结构和性能完全对称产品,故伺服阀只需在阀芯轴线的任一方向进行加速度试验。

试验后检查阀的零偏和外观,其结果应符合 3.4.7 条的要求。

4.6.5.11 冲击试验

试验中不测性能。阀内注满洁净工作液,装上护板,拧上电气插头,连同试验夹具一起装到冲击台上,按 GJB 150.18 中的试验五 基本设计试验或详细规范的规定进行试验。冲击波形为后峰锯齿波。在设备条件受到限制时允许采用半正弦波。

伺服阀对冲击最敏感的方向是阀芯轴线方向,又因伺服阀是属于结构和性能完全对称产品,所以伺服阀的冲击试验只需在阀芯轴线方向上的任一方向进行。

试验后,检查阀的零偏和外观,其结果应符合 3.4.8 条的要求。

冲击试验夹具应为低干扰型设计,以便在 3000Hz 频率以下不产生任何显著的共振。

4.6.5.12 压力脉冲试验

4.6.5.12.1 试验装置和试验条件

推荐压力脉冲试验装置原理见图 14 和图 15。

压力脉冲试验期间使用 4.6.1.3 条规定的标准试验条件(除工作压力外)。

试验中压力升率低于 1400MPa/s。

压力—时间曲线起始压力增长段直线部分的斜率称为压力升率。在 10% 和 90% 总升压之间计算。

试验中压力脉冲的循环频率应为 1~5Hz。

注:总升压—压力脉冲波形升压段对应的压力升高值。

4.6.5.12.2 进油窗口压力脉冲试验

a. 关闭阀 V_1 , 调节阀 V_2 , 使主油路供油压力为 $1.5 P_s$ 。关闭阀 V_3 , 调节阀 V_4 , 使控制油路供油压力为 P_s ;

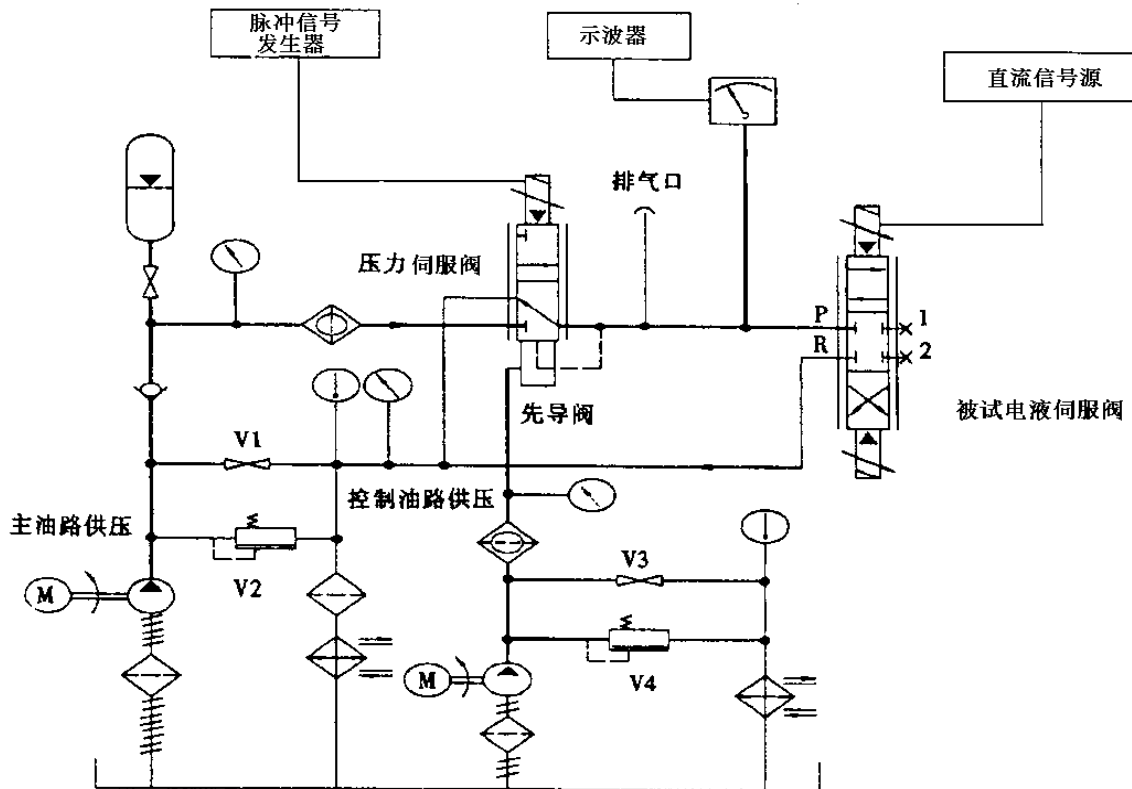


图 14 压力脉冲试验装置原理图
(用于进油窗口压力脉冲试验)

b. 关闭被试伺服阀控制窗口;

c. 控制压力伺服阀向被试伺服阀输入若干次压力脉冲, 然后从试验压力所包容的回路和

容腔中通过排气口将卷入的空气排放干净；

d. 脉冲信号发生器向压力伺服阀输入电流脉冲信号,其循环频率应符合详细规范的规定；

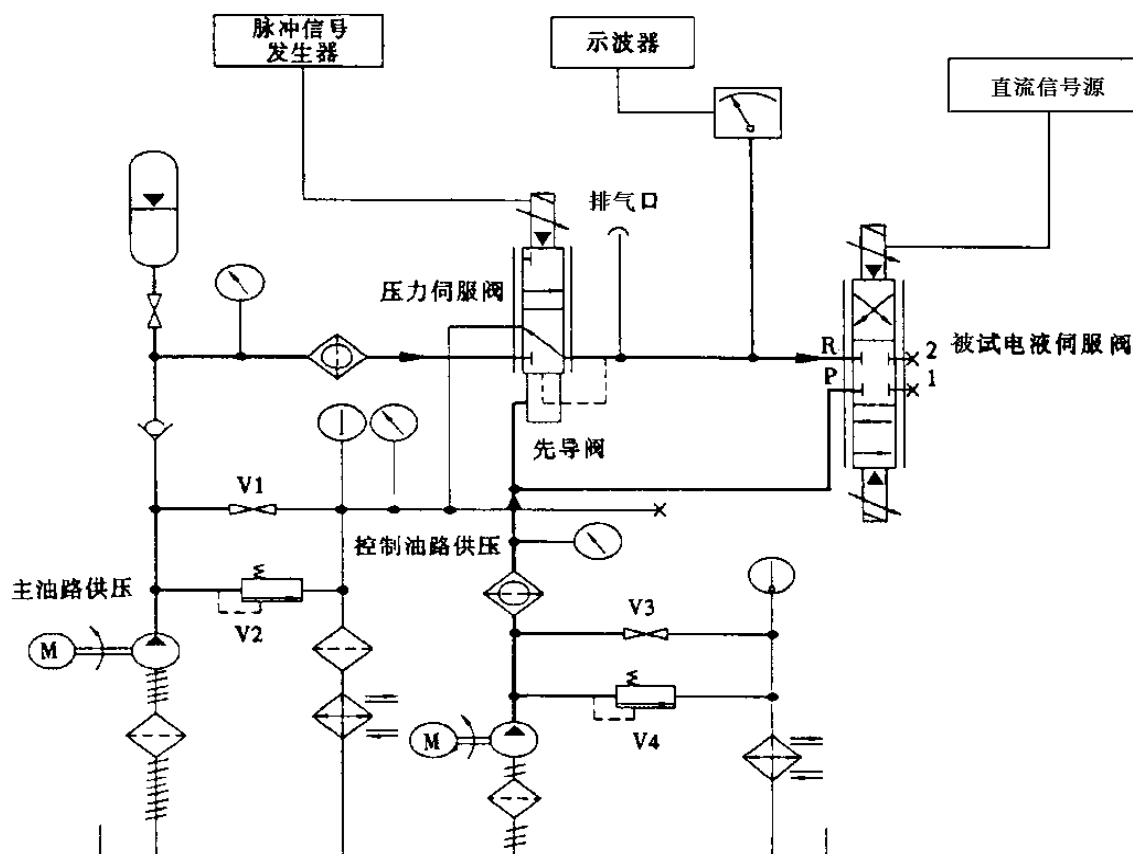


图 15 压力脉冲试验装置原理图
(用于回油窗口压力脉冲试验)

e. 调整示波器的扫描率,使压力升率占满荧光屏,观察压力脉冲波形应为限定在图 2A 所示的上、下两极限线范围内的过阻尼梯形波。在最高压力点时停留的时间应在 10%~25% 循环周期范围内。调整输给压力伺服阀的电流脉冲波形,以满足压力脉冲波形参数—压力升率、最高压力保持时间以及最低压力等要求；

f. 用直流信号源向被试伺服阀施加 $+0.5I_n$, 进行 100 000 次脉冲循环；施加 $-0.5I_n$, 再进行 100 000 次脉冲循环；

试验期间应用示波器对压力脉冲波形进行监视；

g. 试验后,检查伺服阀的性能,其结果应符合 3.2.3.4 条的要求；不应出现外部泄漏,内部零件不应出现裂纹、永久变形或结构失效现象。

4.6.5.12.3 回油窗口压力脉冲试验

- a. 关闭阀 V_1 , 调节阀 V_2 , 使主油路供油压力为 $1.5P_p$ (峰值回油压力)。关闭阀 V_3 , 调节阀 V_4 使控制油路供油压力为 P_s ;
- b. 同 4.6.5.12.2 中的 b 项;
- c. 同 4.6.5.12.2 中的 c 项;
- d. 同 4.6.5.12.2 中的 d 项;
- e. 用 4.6.5.12.2 中的 e 项的方法, 保证压力脉冲波形为限定在图 2B 所示的上、下两极限线范围内的过阻尼梯形波。最高压力点停留的时间应在 10%~25% 循环周期范围内;
- f. 不对被试伺服阀施加输入电流, 总循环次数为 200 000 次; 试验期间应用示波器对脉冲波形进行监视;
- g. 同 4.6.5.12.2 中的 g 项。

4.6.6 耐久性试验

4.6.6.1 试验设备

耐久性试验台油箱应是惰性气体增压的密封油箱。

为防止油温过高造成碳化失效, 应设置最高温度自动限制装置。

因为伺服阀的磨损在很大程度上随油液污染度而变化, 所以耐久性试验台的工作液污染度等级应严加控制, 每经过 200h 试验后, 检查试验台工作液污染度, 确保污染度控制符合 3.2.3.7 条的要求。

伺服阀的控制窗口应短接。当进行大流量伺服阀的耐久性试验时, 由于受液压源供给流量的限制, 允许将控制流量减小到额定流量的 25%。

4.6.6.2 耐久性试验

按详细规范规定的试验时间、环境应力条件、信号大小、循环总次数和性能检测等要求进行耐久性试验。

通常输入信号的波形、幅值、频率和所占总时间的百分比如表 9 所示。伺服阀通过表 9 的试验, 应具有 600Fh 的总寿命。

耐久性试验前, 在标准试验条件下, 进行完整的性能试验。耐久性试验期间, 每隔 10h 检查一次伺服阀的零偏和额定流量, 零偏容差为 $\pm 5\%$, 流量容差为 $+25\%$ 。

耐久性试验后, 检查绝缘介电强度, 其结果应符合 3.2.2.7 条的要求; 在 4.6.1.3 条规定的标准试验条件下, 进行完整的性能试验, 其结果应符合 3.5 条的要求。

4.6.7 可靠性验证试验

表 9

输入信号($\pm$) % I_n	波 形	频 率 Hz	循环时间 h	占总时间百分 比 %	备 注
100	正 弦	5	35	17.5	
100	正 弦	10	35	17.5	

续表 9

输入信号(±) % I_0	波 形	频 率 Hz	循环时间 h	占总时间百分 比%	备 注
100	矩 形	5	10	5.0	
50	正 弦	5	50	25.0	
50	矩 形	5	10	5.0	
25	正 弦	5	50	25.0	
25	矩 形	5	10	5.0	

应按 GJB 899, 符合详细规范的规定。试验结果应符合 3.7 条的要求。

4.6.8 重量检查

对产品进行称重, 其结果应符合 3.2.1.11 条的要求。

5 交货准备

5.1 封存和包装

封存包装的一般技术要求按 GJB 145 的规定。

用污染度不高于 GJB 420 6/A 级的工作液从底面窗口注满伺服阀内腔, 盖上护板密封。将污染度检验结果填入产品合格证或产品履历本中。

5.2 装箱

5.2.1 伺服阀装入专用包装盒内, 周围用泡沫塑料填充。

运输包装箱和装箱方法应符合 HB 5870 中 1.3 条和 1.4 条的规定。

5.2.2 产品随带文件

产品随带文件通常包括:

- a. 产品合格证或产品履历本;
- b. 产品说明书;
- c. 装箱单;
- d. 其它有关技术资料。

5.3 贮存和运输

5.3.1 贮存

包装盒及包装箱必须贮存在干燥洁净的仓库内, 温度 10~35℃, 相对湿度不大于 80%; 无烟、无尘、无蒸汽和其它有害气体。不准与化学物品及有害物品混放。

5.3.2 运输标志

包装运输标志应符合 HB 5870 第 4 章的规定。

通常每个包装箱上至少应作如下标志:

- a. 承制方名;

- b. 产品名称和型号;
- c. 到站和收货单位;
- d. 合同单号或订单号;
- e. 有明显的“防潮”、“小心轻放”字样和标志。

5.3.3 运输

运输应符合 GJB 1443 中 5.3 条的要求。

6 说明事项

6.1 定义

6.1.1 电液伺服阀 electrohydraulic servovalve

输入电信号, 输出液压能, 并能进行连续控制的阀。

6.1.2 电液流量控制伺服阀 servovalve, electrohydraulic flow-control

其主要功能是对输出流量进行控制的电液伺服阀。简称电液流量伺服阀。

6.1.3 液压放大器 hydraulic amplifier

起功率放大作用的液压调节装置。如滑阀、喷嘴挡板或射流喷嘴及接受器。

6.1.4 级 stage

伺服阀中的液压放大器。伺服阀可以是单级、两级和三级的。

6.1.5 输出级 output stage

伺服阀中使用的最后一级液压放大器。

6.1.6 窗口 port

工作液进、出伺服阀的通油孔。如供油窗口、回油窗口、控制窗口。

6.1.7 三通阀 three-way valve

一种具有供油窗口、回油窗口和一个控制窗口的多节流孔流量控制装置。当阀向一个方向动作时, 开通供油窗口到控制窗口; 阀反向动作时, 开通控制窗口到回油窗口。

6.1.8 四通阀 four-way valve

一种具有进油窗口、回油窗口和两个控制窗口的多节流孔流量控制装置。当阀向一个方向动作时, 开通供油窗口到控制窗口 1, 同时开通控制窗口 2 到回油窗口; 阀反向动作时, 开通供油窗口到控制窗口 2, 同时开通控制窗口 1 到回油窗口。见图 1。

6.1.9 力矩马达 torque motor

电—机械转换器。通常用于伺服阀的输入级。

6.1.10 输入电流 input current

输入伺服阀以控制输出流量的电流, 以符号 I 表示, 单位为 mA。

6.1.11 额定电流 rated current

为产生额定流量而规定的任一极性的输入电流(不包括零偏电流), 以符号 I_0 表示, 单位为 mA。

通常额定电流是对单线圈连接、差动连接或并联连接工作而言, 当串联连接工作时, 其额定电流为上述额定电流之半。

6.1.12 零值电流 quiescent current

对于线圈差动连接时,当差动电流为零时,流经每个线圈的直流电流。由于两个线圈电流的极性相反,故电控制功率为零。

6.1.13 过载电流 overcharge current

流经力矩马达线圈的最大允许电流。

6.1.14 线圈电阻 coil resistance

力矩马达单个线圈的直流电阻,单位为 Ω 。

6.1.15 线圈阻抗 coil impedance

线圈电压对线圈电流的复数比,单位为 Ω 。

6.1.16 线圈电感 coil inductance

线圈阻抗的电感分量,单位为 H。

6.1.17 极性 polarity

控制流量方向与输入电流方向之间的关系。

6.1.18 励振 dither

为改善阀的分辨率而叠加在伺服阀输入信号上的一个低幅值、较高频率的周期电信号。它用励振频率和励振信号峰间值的电流幅值表示。

6.1.19 控制流量 control flow

通过阀控制窗口的流量,单位为 l/min 。

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。以阀所在系统的阀压降做为供油压力时的空载流量即代表该系统工作时的负载流量。

6.1.20 额定流量 rated flow

在阀压降为额定供油压力条件下,对应于额定电流所规定的控制流量,以符号 Q_n 表示,单位为 L/min 。

6.1.21 流量曲线 flow curve

控制流量对输入电流的关系曲线。通常是正、负额定电流之间的一个完整周期的连续曲线。见图 7。

6.1.22 名义流量曲线 normal flow curve

流量曲线的中点轨迹。阀的滞环通常很小,因而可将流量曲线的任一侧做为名义流量曲线使用。

6.1.23 流量增益 flow gain

在所规定的工作区域内,流量曲线的斜率,单位为 $\text{l/min} \cdot \text{mA}$ 。流量控制伺服阀通常可划分为三个工作区域:零位区域,名义流量控制区域,饱和区域。见图 16。凡是未加附加说明使用该术语的地方,均指名义流量增益。

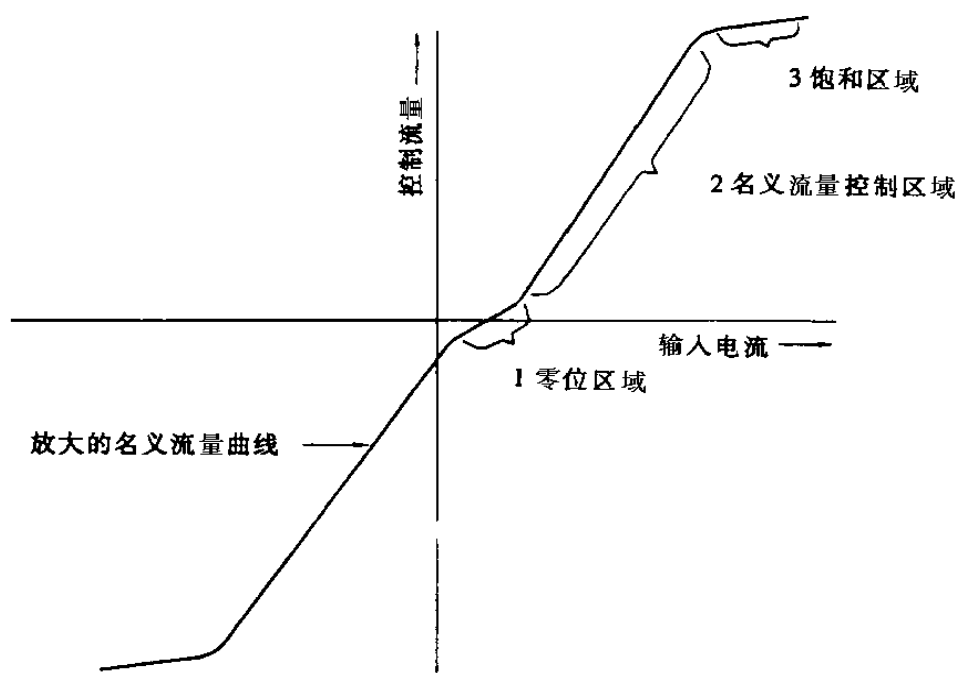


图 16 工作区域

6.1.24 名义流量增益 normal flow gain

从名义流量曲线的零流量点分别向两极所作的与名义流量曲线偏差最小的直线称为名义流量增益线,其斜率即为名义流量增益。见图 17。

6.1.25 额定流量增益 rated flow gain

额定流量与额定电流之比,单位为 $l/min \cdot mA$ 。

6.1.26 流量饱和区域 flow saturation region

在输入电流接近额定电流的范围内流量增益随输入电流的增加而减小的区域。

6.1.27 流量极限 flow limit

控制流量不随输入电流的增加而增加的状态。

6.1.28 对称度 symmetry

两个极性流量增益之间相一致的程度。取两极性名义流量增益之差对其中较大者之比,以百分数表示。见图 17。

6.1.29 线性度 linearity

在其它工作变量保持不变的情况下,名义流量曲线与名义流量增益线相一致的程度。用名义流量曲线与名义流量增益线的最大偏差与额定电流之比,以百分数表示。见图 17。

6.1.30 滞环 hysteresis

当输入电流在正、负额定电流之间,以小于记录仪表的动特性起作用的速度循环时,产生相同控制流量往和返的输入电流之差的极大值,以其对额定电流之比的百分数表示。见图 7。

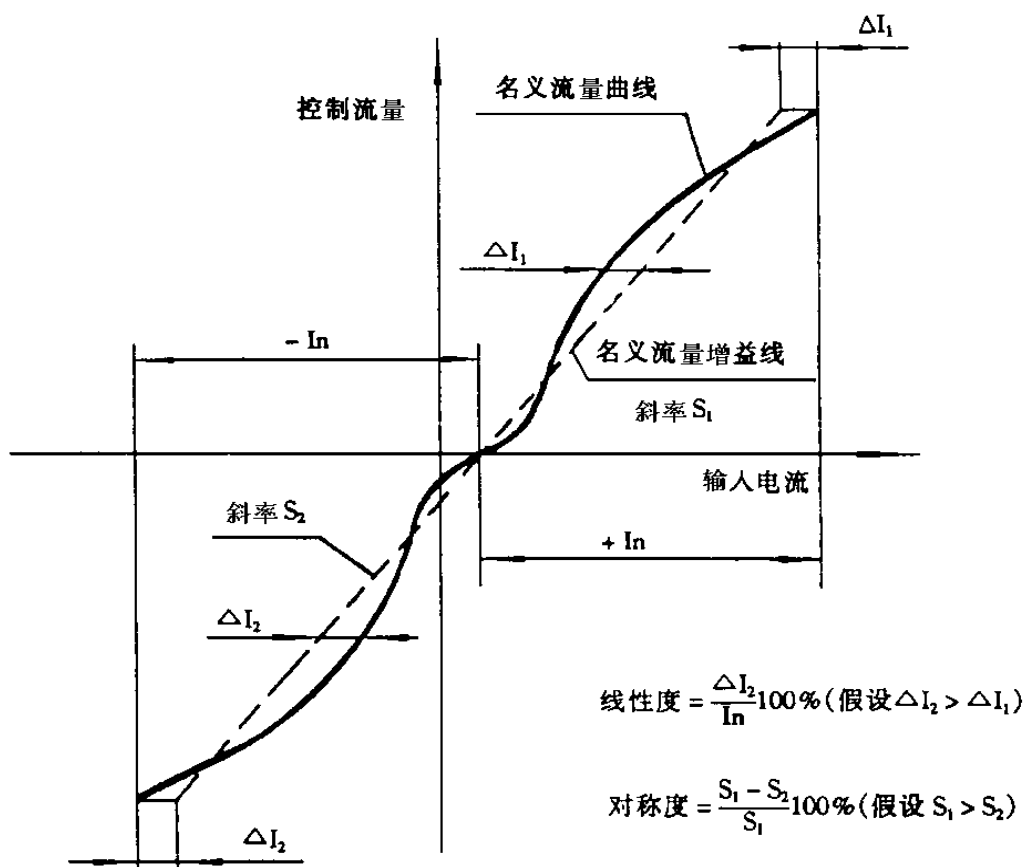


图 17 流量增益、线性度、对称度

6.1.31 分辨率 threshold

使阀的控制流量发生变化(增加和减少)的输入电流最小增量。一般取使阀的输出从增加输出状态回复到减小输出状态所需输入电流的最小改变量,以其对额定电流之比的百分数表示。

6.1.32 内漏 internal leakage

在额定供油压力下,控制流量为零(控制窗口关闭)时,从回油窗口流出的流量,单位为 L/min。随输入电流的变化而变化,一般当阀处于零位时(零位泄漏)为最大值。见图 8。

6.1.33 负载压降 load pressure drop

两控制窗口之间的压差,以 P_L 表示,单位为 MPa。

6.1.34 阀压降 valve pressure drop

输出级控制节流孔处的压差之和,以 P_V 表示,单位为 MPa。阀压降等于供油压力(以 P_S 表示)减去回油压力(以 P_R 表示),再减去负载压降。

6.1.35 压力增益 pressure gain

在控制流量为零(控制窗口关闭)时,负载压降对输入电流的变化率,单位为 MPa/mA。

通常规定为负载压降与输入电流关系曲线在最大负载压降的 $\pm 40\%$ 之间的平均斜率。生产中常用控制电流变化 1% 额定电流所对应的负载压降的变化与额定电流之比的百分数表示。见图6。

6.1.36 重叠 lap

在滑阀中, 阀芯处在零位时, 固定与可动节流棱边之间的相对轴向位置关系。对伺服阀来说, 重叠应这样计量: 对每一极性分别作出名义流量曲线近似于直线部分的延长线, 两延长线的零流量点之间的总间隔即为重叠, 以其对额定电流的百分数表示。

6.1.36.1 零重叠 zero lap

两延长线的零流量点之间不存在间隔的重叠状态。见图18A。

6.1.36.2 正重叠 over lap

在零位区域, 导致名义流量曲线斜率减小的重叠状态。见图18B。

6.1.36.3 负重叠 under lap

在零位区域, 导致名义流量曲线斜率增加的重叠状态。见图18C。

6.1.37 零位区域 null region

输出级的重叠效应占主导地位的零位附近区域。一般指以零位为基准, $\pm 3\%$ 额定电流范围内的区域。见图16。

6.1.38 零位 null

在负载压降为零时, 阀控制流量为零的状态。

6.1.39 零位压力 null pressure

零位状态时, 两控制窗口的压力, 单位为 MPa。

6.1.40 零偏 null bias

为使阀回归于零位所需要的输入电流(不包括阀滞环的影响), 以其对额定电流之比的百分数表示。

6.1.41 零漂 null shift

零偏的变化, 以其对额定电流之比的百分数表示。

6.1.42 频率响应 frequency response

当输入电流在整个频率范围内作正弦变化时, 空载流量对输入电流的复数比。通常在输入电流幅值保持不变及零负载压降下测量。以对数频率特性表示。用幅频宽和相频宽来衡量。见图12。

6.1.42.1 幅值比和幅频宽 amplitude ratio and amplitude frequency wide

在输入正弦电流峰间值保持恒定条件下, 在特定频率下的控制流量幅值相对于某一指定低频(通常为 5Hz 或 10Hz)下的控制流量幅值之比称为幅值比, 用 dB 表示, $\text{dB} = 20\log AR$ 。当幅值比衰减到 -3dB 时所对应的那一特定频率为幅频宽, 单位为 Hz。

注: AR 即幅值比 (Amplitude ratio)。

6.1.42.2 相位滞后和相频宽 phase lag and phase frequency wide

在特定频率下, 控制流量对输入电流之间的即刻时间间隔称为相位滞后, 单位为度。相位滞后达到 -90° 时所对应的那一特定频率为相频宽, 单位为 Hz。

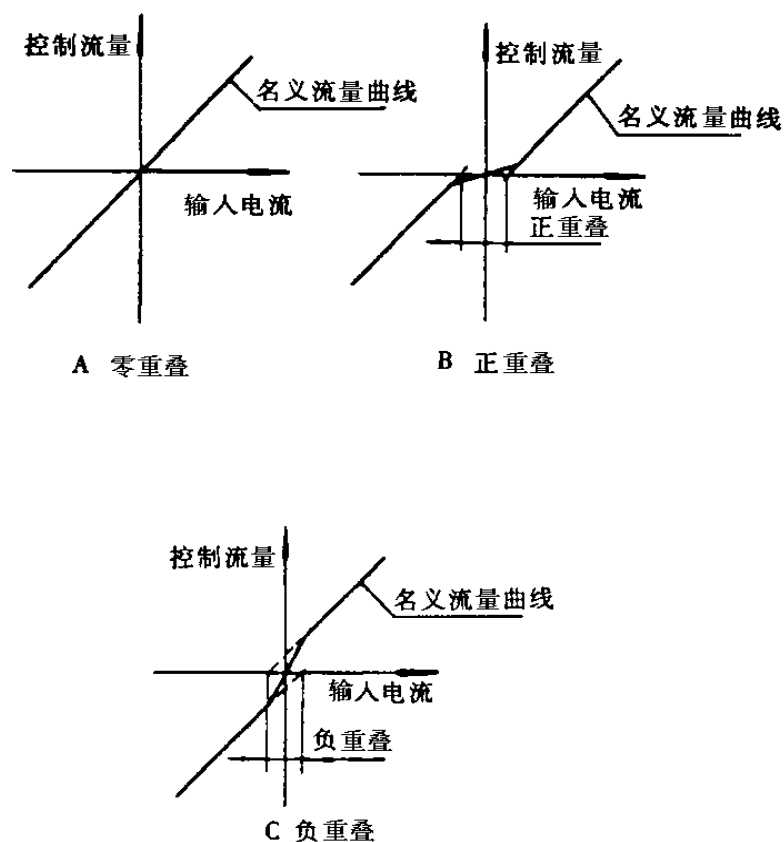


图 18 重叠

6.1.43 瞬态响应 transient response

阶跃输入时,输出的跟踪过程。通常以响应时间表示,即当输入阶跃信号为额定电流时,阀输出由零控制流量上升到 90% 额定流量所需的瞬态响应时间,单位为 s 。

附加说明:

本规范由中国航空工业总公司提出。

本规范由中国航空工业总公司第三〇一研究所归口。

本规范由中国航空工业总公司第六〇九研究所起草。

本规范主要起草人:王同信、方向。

计划项目代号:6HK38。