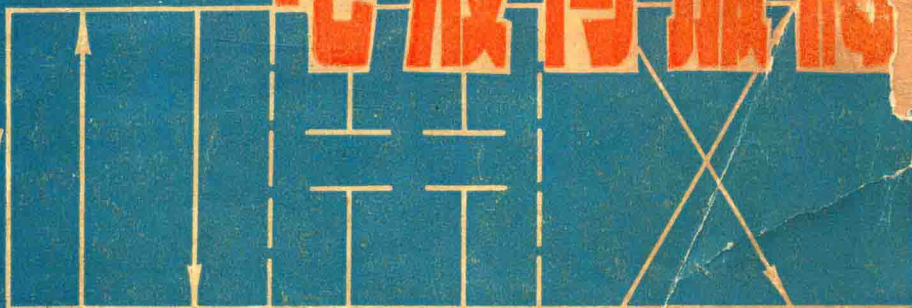
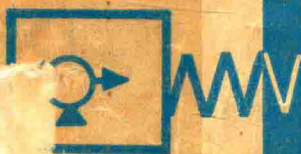


文 杰

WEN JI



电液伺服阀



毛主席語錄

自力更生为主，爭取外援为輔，破除迷信，
自主地干工业、干农业，干技术革命和文化
打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习
的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以
，这就是我们的路线。

对于外国文化，排外主义的方針是錯誤的，
尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新
的借鏡；盲目搬用的方針也是錯誤的，应当
国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国

随着我国造船工业的大发展，舰船上的观通、导航、动力、武备以及各种特殊设备的自动化要求将越来越高，伺服系统的应用也将越来越广。作为电液伺服系统中的关键元件——电液伺服阀，不但能将小巧灵敏的“电子脑”与强壮有力的“液压躯体”有机地连接起来，而且它的性能直接影响到伺服系统的品质指标以及稳定可靠性。

电液伺服阀，由于空间技术的需要发展非常迅速，目前国外无论在结构性能或在品种系列方面都已达到比较完善的程度，并为空间技术、航空、航海以及地面武备和各种工业部门所广泛使用。

为了配合我所各种特殊设备伺服系统和伺服阀的研制工作，我们收集了国外十二篇有关电液伺服阀的结构性能、技术规格、设计计算、选用常识、维修保养方面的资料，以及实际使用情况的调查，并转载了两份美国的通用技术条件。在此重点选译了射流管式电液伺服阀的资料，因为无论从结构原理或实际使用情况来看，其抗污染能力和稳定可靠性都更适合于舰船的要求。

由于筹备出版这本译文集的时间紧迫，加之参加这些工作的同志水平有限，定有不少缺点错误，请读者批评指正。

目 录

射流管式电液伺服閥的构造和性能	(1)
Abex 电液伺服閥的特性	(8)
各公司电液伺服閥的特性比較	(16)
流量控制伺服閥——Abex 航空公司檢修手冊	(17)
液压射流放大器計算的若干問題	(42)
射流放大器执行机构系統的动态特性	(49)
射流放大器液压随动系統	(57)
Abex 电液伺服閥应用示例	(96)
电液流量控制伺服閥	(98)
調节器和伺服机构中所用的某些液压元件的分析	(148)
电液伺服閥的选擇方法	(159)
关于提高射流放大器中工作液的压力	(167)

射流管式电液伺服阀的构造和性能

(关于抗污染能力强的伺服阀)

岛井 健

1. 序 言

与十年前比较,一般液压机械的水平提高很大。今天,同下一代液压产品——“电液伺服阀”有关的工业界非常活跃,且从使用者的角度也提出各种问题,其普及工作进行得也很快。在此情况下,与一般液压机械同样成为问题的依然是和工作液污染度有关的事项。特别对电液伺服阀(以下简称伺服阀)与此有关的问题提得多。与一般液压机械相比,伺服阀应有极高的性能、构造和加工精度,且使用者也提出了高指标的要求。这些都与工作液污染度有关,所以必须比以往的液压机械更加重视工作液的污染度。现实的问题是,为达到伺服阀供应者所提的污染度,需要相当的费用和时间,而保持此污染度实际上是非常困难的,结果由于工作液中的污粒、铁粉等原因而引起伺服阀工作不正常,以此为起因的故障,与以往的液压机械故障原因同样占80%以上。这种现象表明,希望有抗污染能力强的伺服阀。

本文介绍的射流管式伺服阀与以往在日本出售的伺服阀比较,从构造上可以说是抗工作液污染能力强的伺服阀。下面叙述其构造和特点。

2. 伺服阀的分类

虽然伺服阀的分类方法有多种,本文根据构造分类如下。

图1示出直动型和图2、图3示出先导级型,这两种不同类型都是流量控制伺服阀。

如图1所示,直动型由力矩马达(也有称力马达或动圈式的)将输入电信号转换成机械量亦即滑阀行程的形式,此行程量与力矩马达输入电信号量成比例,以控制流量。

先导级型,如图2、图3所示,由力矩马达和射流管及接受孔或喷嘴及挡板构成,即由进行

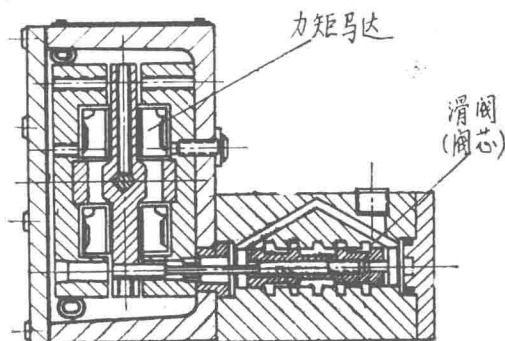


图1 直动型伺服阀

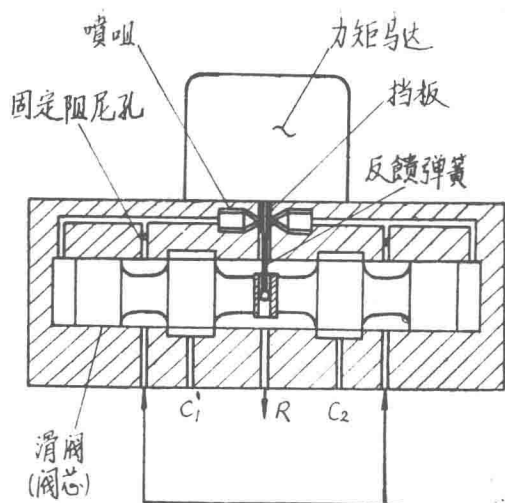


图 2 挡板式伺服阀

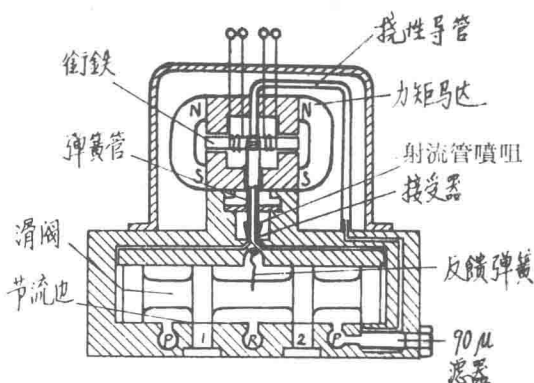


图 3 400 系列射流管式伺服阀

电液转换的先导部分与由滑阀和阀套构成的输出部分这两部分所组成。输入到力矩马达的电信号由先导部分转换成油压，此油压作用在滑阀的端面上使滑阀动作。由于转换后的油压与先导部分的输入电信号量成比例，所以滑阀的位置与输入电信号量成比例以控制流量。图 2 称为喷嘴挡板式伺服阀，图 3 称为射流管式伺服阀，此外也有在先导部分采用直动型的，称为滑油式伺服阀。

表 1 是伺服阀从构造上的分类。

表 1 伺服阀的分类(仅按构造)

伺服阀	直动型	
	先导级型	喷嘴挡板式
		射流管式
		滑阀式

3. 伺服阀的构造和特点

图 4 是按上述分类对各型伺服阀的综合介绍。

3—1 直动型伺服阀

如前所述，在图 1 上示出的构造是非常简单的。与先导级型相比，这种型式的控制力小，力矩马达的功率消耗大，但结构简单，造价低廉。且因是直动型的，频率特性可高达 150 赫。相反，分辨率、压力增益等特性较差。故用于要求控制精度高的伺服系统有困难。因其价廉，多用作伺服泵。

3—2 先导级型伺服阀

如图 2、图 3 所示，先导部分的结构有区别，图 2 是称为挡板式，图 3 是称为射流管式，性能比直动型优越得多。但是构造非常复杂、加工精度也高，所以是高价产品。这种形式是在日本一般了解最多，又是使用最多的型式，特别是多为图 2 喷嘴挡板式的。但因构造复杂、且是高精度产品，对它的使用要充分注意，特别要对工作液中的杂物加以重视。一不注意，常使伺服阀的工作失常，出现问题。然而，抗工作液中杂物的能力与前述直动型相比，较为稳定。这可以从构

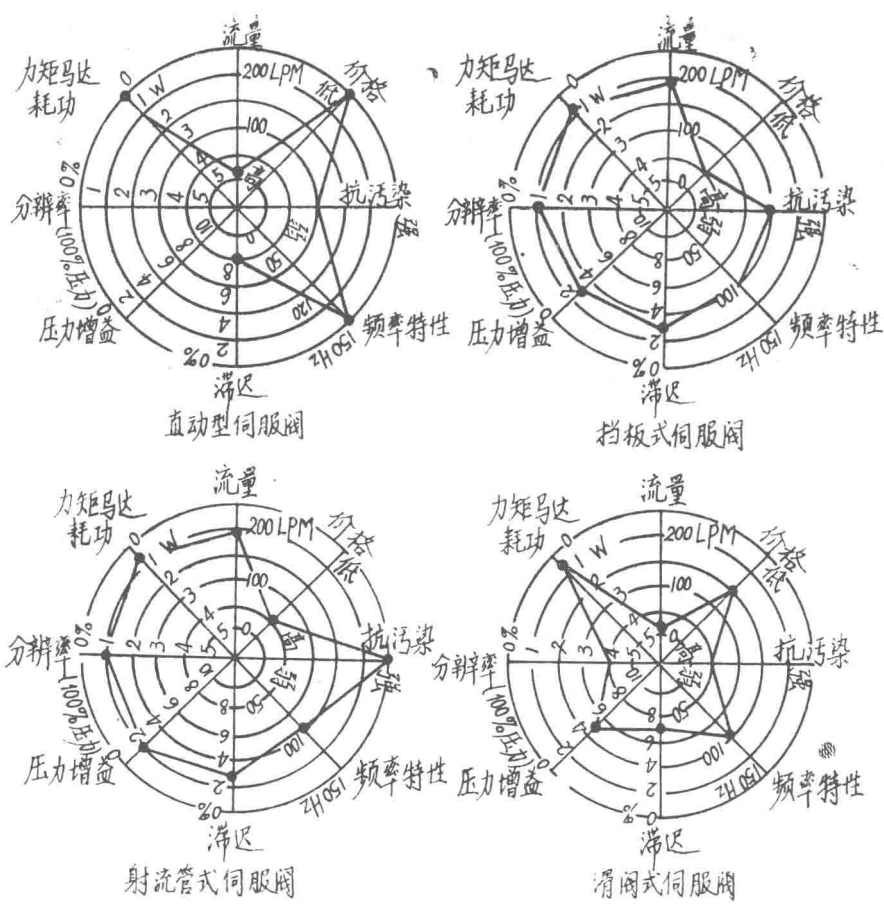


图 4 伺服阀的综合介绍

造特点上加以说明，特别是可用输出部分滑阀驱动方式所得驱动力的差别来说明。直动型是由力矩马达直接驱动滑阀，力矩马达的输出力矩转变成驱动滑阀的力；而先导级型是由先导部分将输入电信号转换成油压，此转换后的油压作为输出部分滑阀的驱动力，则比直动型的驱动力大得多，从而抗污物的能力强。在这点上，如对先导级型先导部分的两种方式加以比较，可以说射流管式要比喷嘴挡板式优越。这可从构成先导部分油路的最小尺寸来说明，举一例，喷嘴挡板式的最小尺寸为 25 微米(μ)，射流管式的最小尺寸为 200 微米，这就是说，喷嘴挡板式可以通过 25 微米大小的工作液中的污粒，而射流管式却可通过 200 微米大小的污粒，因此可以说射流管式抗工作液中杂物的能力强。可是喷嘴挡板式的频率特性高。虽然在要求高频的伺服系统中多采用这种型式，但在通常情况下，作为系统要求高频率值（比射流管式的频率特性高）的情况并不多，一般完全可以使用频率特性低的射流管式伺服阀。而且要求高于上述频率特性的情况是极少的。下面就射流管式和喷嘴挡板式作详细说明。

3-2-1 射流管式的作用原理

图 5 是射流管式的原理图。如图所示，射流管用轴承水平地安装在垂直支撑着的回转轴上，能轻轻地向左右转动。油压由“S”供给，从射流管头部的喷嘴喷出射流束。又在

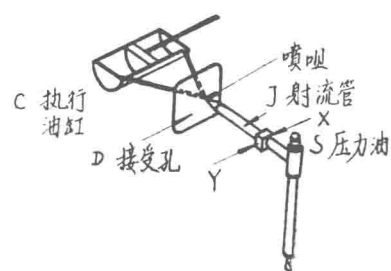


图 5 射流管式的原理图



照片 1 射流管式伺服阀的射流管与接受孔

部分滑阀或执行油缸就向某一方向移动(照片 1 上, 示出射流管和接受孔)。

射流管式和喷嘴挡板式差别最大之点, 在于喷嘴挡板式是以改变流体回路上所通过的阻抗来进行力的控制, 相反, 射流管式是靠射流喷嘴喷射工作液, 将压力能变成动能, 控制两个接受孔获得能量的比例来进行力的控制。这种射流管式的特点如前所述, 与喷嘴挡板式比较, 因射流喷嘴大, 由污粒等工作液中杂物引起的危害小, 保养管理容易。且压力效率和容积效率为 70% 以上, 有时也可达到 90% 以上的高效率。控制力也非常大, 因而只用这种先导部分也能构成充足的伺服系统。

另外, 射流管式由于在喷嘴的下游进行力的控制, 所以当喷嘴被杂物完全堵死, 输出部分的滑阀移动到一端就完全停下来^①, 出现不能控制的情况(这是输出部分滑阀端面上没有压力的情况下), 它并不发生所谓“满舵”现象^②, 从而容易实现伺服系统的安全措施。相反, 在喷嘴挡板式的场合, 其工作原理易引起“满舵”现象, 伺服系统的安全措施非常复杂而昂贵。

其另一特点为, 构成其最小尺寸是喷嘴的直径, 如前所述, 实际尺寸为 200 微米, 比喷嘴挡板的 25 微米大得多, 从而成为具有抗杂物的重要因素。

3-2-2 喷嘴挡板式的作用原理与特点

图 6 是喷嘴挡板式的原理图。

喷嘴挡板式是由喷嘴、节流孔及挡板所组成。节流孔具有固定阻抗, 挡板与喷嘴具有可变阻抗。节流孔前供以一定的油压, 从喷嘴喷射出来的油, 经喷嘴与挡板的间隙排到大气中。输入信号使挡板向左移动, 挡板与喷嘴的间隙变小, 环形开口面积减小, 液流阻力增大, 喷嘴的背压(P)升高; 相反, 如挡板向右移动, 液流阻力减小, 喷嘴的背压降低。这样可得到与挡板位置变化相应的喷嘴背压, 此背压加到输出部分滑阀的端面上驱动滑阀。

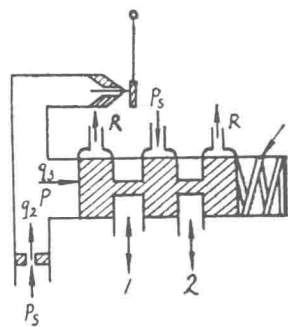


图 6 喷嘴挡板式的原理图

这种喷嘴挡板式的特点, 与射流管式比较, 一般能制造出增益特性平坦、频率特性高达 100 赫的产品, 并可比射流管式做得小。但是按其特性, 喷嘴与挡板的间隙不能超过喷嘴直径的 1/4,

① 此处对射流管式的喷嘴被污物完全堵死时, 滑阀的动作分析上恐有欠妥之处。因为对一般两级射流管式伺服阀而言皆有反馈弹簧, 当喷嘴被堵死时, 因两个接受孔均无能量输入, 滑阀的两个端面上也都沒有油压的力作用, 如果此时滑阀已有一定值的位移, 则因反馈弹簧的弯曲变形力使滑阀回到零位上, 伺服阀无流量输出, 所以不会使伺服系统发生“满舵”的事故。文中的“滑阀移动到一端就完全停下来”恐有誤——校者。

② “满舵”的原文为 hard over。

这个尺寸决定着喷嘴挡板部分的最小尺寸，所以工作液中杂物带来的危害大，与射流管式比较，工作液的保养管理费用高。这种喷嘴挡板型工作液污染度要求按 NAS 的 5 级来管理，必须使用 5 微米的滤油器。相反，在射流管式的场合下，用 NAS 的 8 级已足够，而滤油器用 25 微米的也足够了。并且，由于喷嘴挡板式是利用喷嘴的背压作为控制力，如前所述，在杂物堵塞喷嘴挡板的情况下，就发生“满舵”现象，若在伺服系统中设置电气的“满舵”检测装置等作为安全措施，就不可避免地成为昂贵而复杂的伺服系统。

另外，压力效率和容积效率约为 50%，比射流管式的低，因此难以象射流管式的那样只用先导部分作为完整的伺服系统使用，其控制力小。

4. 可靠性

一般，机械产品的可靠性是根据其能否无事故地长期稳定使用来评价的，对于伺服阀不仅不例外，而且它的可靠性要求更为严格。关于伺服阀可靠性的评定方法有各种各样，实际上也是用各种方法加以评定的。作为这种评定方法之一，即根据对工作液污染度的适应程度来评价，被认为是切合实际而妥当的方法。也就是说，伺服阀的故障，总数的 80% 以上是由“工作液污染”所引起的，读者所经历的有关这一类的故障恐怕也很多。

如前所述，伺服阀抗工作液污染的能力，一般由其结构中的最小尺寸所决定。特别在先导级型的场合下，先导部分油路中的最小尺寸成为决定性的因素。这是因为，从外部来的输入电信号是在先导部分进行变换的，输出部分滑阀的动作，是由先导部分的动作所决定的。

图 7、图 8 是射流管式和喷嘴挡板式实际尺寸示例。如图所示，与喷嘴挡板式比较，射流管式的最小尺寸大，所以说射流管式比喷嘴挡板式的抗工作液污染能力强。并且根据前面所述，由于射流管式比喷嘴挡板式的控制力大，所以在先导部分采用射流管式的前导级型伺服阀，其输出部分滑阀的直径和行程，当然比喷嘴挡板式的大而长。表 2 是相同级别的伺服阀，其输出部分滑阀的直径、行程及驱动力的比较。

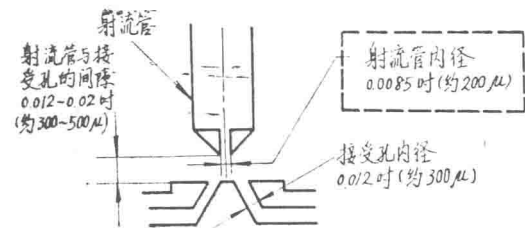


图 7 射流管式的实际尺寸

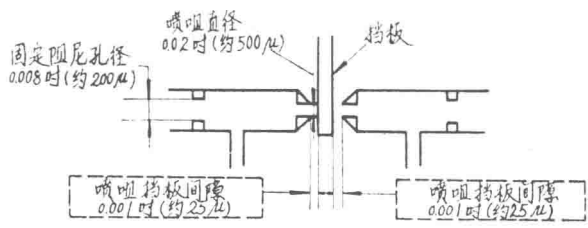


图 8 喷嘴挡板式的实际尺寸

表 2 输出部分滑阀尺寸比较表

	射流管式	喷嘴挡板式
滑阀直径 毫米	6.99	3.96
滑阀行程 毫米	0.64	0.13
滑阀驱动力 公斤 (在端面压力 40 公斤/厘米 ² 时)	15.35	4.92

如将上述事项就可靠性进行归纳，则如下所示。

1) 先导部分的最小尺寸

先导部分的最小尺寸在可能限度内增大，则可靠性提高，所以射流管式比喷嘴挡板式优越。

2) 滑阀直径

由于滑阀的直径大，抗杂物等的能力强。这是因为滑阀的直径越大，滑阀的驱动力也越大，即使有一点杂物和污粒，滑阀也能顺利地工作，从而提高了可靠性。



照片 2 射流管式伺服阀阀芯与阀套

3) 滑阀的行程

加长滑阀的行程，是与解决伺服阀寿命的问题有联系的。也就是防止由于控制流体的高速而产生磨蚀滑阀节流口稜边，从而引起流量特性变化。这是因为加长行程后，磨蚀量相对于行程量所占的比例减小，所以节流口通流面积的变化减小。其结果是，流量特性的变化与伺服阀使用时间的比值减小了，能比滑阀行程短的伺服阀维持更长时间的稳定特性（照片 2 上示出射流管式的滑阀和阀套）。

4) 先导部分磨蚀的产生与特性变化

虽然在先导部分中与在输出部分滑阀的稜边上一样也产生磨蚀，但射流管式与喷嘴挡板式比较，磨蚀的产生和性能变化的程度，射流管式的比喷嘴挡板式的低。这是因为在射流管式的场合下，喷嘴头端面与接受孔之间的间隙为喷嘴直径的 1.5~2.5 倍，从特性上讲，此间隙达到喷嘴直径的 3.5 倍也完全可以使用。与此相反，在喷嘴挡板的场合下，相应的间隙即喷嘴挡板的间隙，在特性上的上限为喷嘴直径的 1/4，要想增大最小尺寸，实际上也只能做到 1/4 的极限值上。因此容易产生磨蚀即特性变化。而且在双喷嘴挡板式的场合下，挡板左右侧面上所产生的磨蚀不一定对称，所以在喷嘴上游产生的压力失去平衡，与滑阀部分的磨蚀一样，同样成为“零位偏移”即中立点变动的原因。相反，射流管式的喷射流靠接受孔被分成具有某一角度的两股，由于此能量被等分，所以磨蚀的产生一般是对称的，并且产生的磨蚀量也比喷嘴挡板式的少。因此，在先导部分采用射流管式的伺服阀，其稳定性高，可靠性也提高了。

以上归纳的是有关可靠性的事项，除频率特性稍差外，射流管式的任一特性都比喷嘴挡板式为优越。

虽然说采用射流管先导部分的伺服阀比采用喷嘴挡板式伺服阀的可靠性高，但喷嘴挡板式的也有优点，而且在日本实际使用也多，不能极端地说喷嘴挡板式就比射流管式差得多。我们相信，如果射流管式的伺服阀将来在我国使用多了，实际成绩也多了的话，前面所讲的射流管式的优点就能被充分理解，并将在多方面得到应用。

5. 射流管式伺服阀的实际使用成绩

表 3 是射流管式伺服阀实际使用成绩。此表是美国民航公司飞机实际使用成绩，是从 1965 年到 1971 年约 7 年间对 9000 个伺服阀进行追踪调查的结果。据此结果，象以前所说的那样，射流管式伺服阀可称之为可靠性高的产品。但是，考虑到日本的伺服阀使用状况，其数值恐怕不能马上用于实际。

然而我们至少应当相信，从调查对象的数量和追踪的时间来看，已充分证明其可靠性。之所以这样说，是因为虽说是在民航机上使用的实际成绩，但作为使用条件之一的工作液污染度是在NAS 8级管理下所得的结果。从日本对工作液污染度推荐的最低值NAS 7级来考虑，此NAS的8级也可说是理所当然的。由于伺服阀事故原因的80%是工作液污染所引起的，虽然不能说此污染度有大的差别，但从其低一级来想，宁可相信此追踪结果足以用于实际。

表 3 射流管式伺服閥使用時間、檢測次數和故障的實際成績表

使 用 期 間	閥的使用時間(小時)	總 檢 測 次 數	閥 的 故 障 次 數
1965 年	376,000	31	0
1966 年	663,000	27	5
1967 年	1,155,000	20	3
1968 年	1,641,321	60	21
1969 年	2,297,908	48	17
1970 年	2,454,598	69	25
1971 年	1,475,554	47	13
共 計	9,687,372	271	84

根据表3，伺服閥的检测时间间隔为35,700小时。如将此时间算为一般工业领域的使用时间，则4~6年间一次，这是非常惊人的。而且閥的故障率为115,000小时一次也是非常低的，如前所述，这表明射流管式伺服閥的可靠性高。另外，根据其他报告的分析，故障事例近100%是因“O”形胶圈年久变化、密封效果降低而引起的，因特性变化而更換或修理伺服閥的事例则完全没有。这一事实就证明了射流管式伺服閥工作稳定，且耐久性相当高。虽然其他一般工业领域中也有实际使用成绩的数据，但与民航机实际使用成绩记录相比，还不够准确，且详细调查有困难，可惜本文不能发表。仅采用了使用64,000小时现在还继续使用的作为示例。还有，表3的结果是到1971年为止的，但调查在继续进行，当然可预计到表3的数据还要扩展。

路太山译自[日]“油压技术”1973年第12卷第4号(通卷126号)P.55~65 赵振厚校

Abex 电液伺服阀的特性

河田 康夫

序 言

象一般所说的那样,伺服阀故障的 80%是由工作液的污染所引起的,在液压机械中采用特别精密的产品——伺服阀,最成问题的也是对污染的耐久性。

日本丹尼逊(Denison)出售的一批 Abex 伺服阀,就是着眼于此点,把可靠性放在首位设计的。本文介绍从飞机到一般工业机械广泛使用的,具有很多实际成绩而以400系列为中心的Abex 伺服阀的特征。

1. 概 要

Abex伺服阀是日本——丹尼逊进行技术协作,在美国 Abex Corp. Aerospace Div. 及 Denison Div 设计的产品。

Abex 伺服阀如表 1 所示有各种型式,与阀的压降 70公斤/厘米²下相对应,流量在 3.8~3800升/分的范围内。所有的先导部分使用射流管,输出部分使用滑阀。而且两级式的,采用由弹簧确定滑阀位置的力反馈方式。

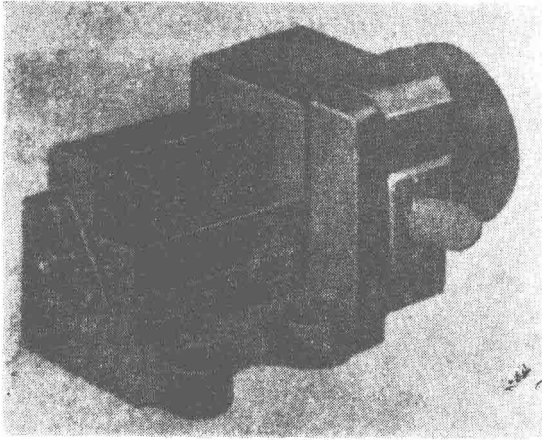
表 1 Abex 伺 服 阀 一 覽 表

型 号	型 式	額 定 压 力		額 定 流 量 [⊖]	
		磅/吋 ²	公斤/厘米 ²	加仑/分	升/分
SA.001	2 級	3000	210	1	3.8
SA.2.5				2.5	9.5
SA.005				5	19
SA.010				10	38
405	单 級	3000	210	0.14	0.5
408	2 級	4500	316	1.25	4.7
410				5	19
415				10	38
420				20	76
425				25	95
450				50	189
C-50	3 級	4500	316	50	189
C-100				100	380
C-250				250	950
C-500				500	1890
C-1000				1000	3800

⊖ 压力降 70 公斤/厘米²

1-1. SA系列

此系列是特为一般工业用而研制的两级伺服阀，第一级用力矩马达驱动。照片1、图1及表2为其外形、构造及指标。



照片 1 SA 系列伺服閥

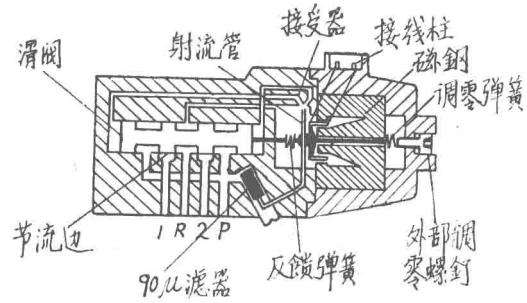


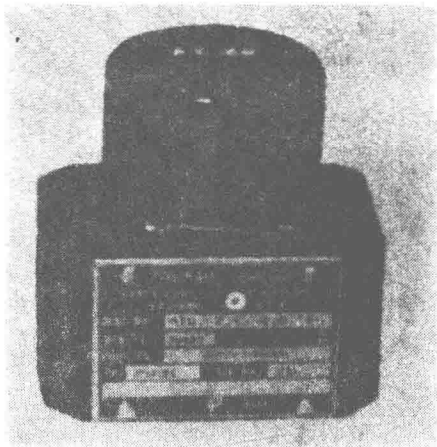
图 1 SA 伺服閥

表 2 SA 系列伺服閥的标准指标

指 标	型 号	SA. 001	SA. 2.5	SA. 005	SA. 010
額定流量(在 70 公斤/厘米 ² 压降下)	升/分	3.8	9.5	19	38
額定电流	毫安	200	200	200	400
額定压力	公斤/厘米 ²	210			
使用压力	公斤/厘米 ²	21~210			
供油腔耐压	公斤/厘米 ²	316			
回油腔耐压	公斤/厘米 ²	210			
零位洩漏(供油压力210 公斤/厘米 ²)	升/分	0.95		1.14	
頻率响应(相位迟后 90° 时)	赫	85			
迟滞	%	2			
温度范围	℃	-18~135			
温度零漂	%/56℃	4			
供油压力零漂	%/70 公斤/厘米 ²	1.7			
回油压力零漂	%/7 公斤/厘米 ²	2			
重量	公斤	2.9			

1-2. 400系列

是从一般工业到飞机广泛使用最标准的两级伺服阀，第一级用力矩马达驱动。照片 2、图 2 及表 3 中有其外形、构造及指标。



照片 2 400 系列伺服阀

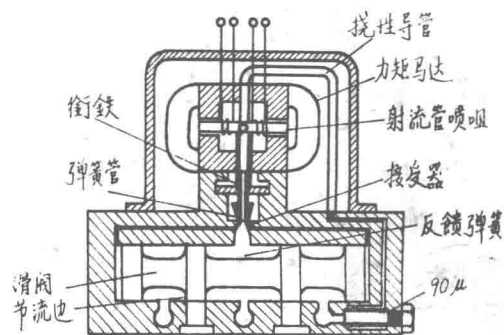


图 2 400 系列射流管式伺服阀

表 3 400 系列伺服阀的标准指标

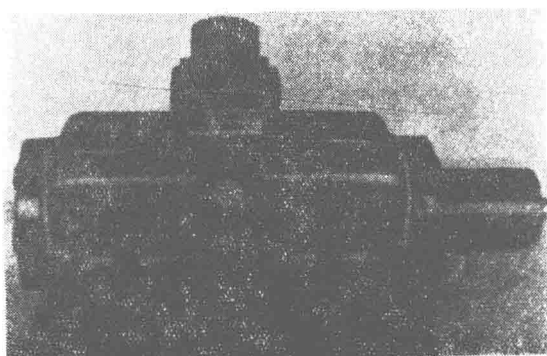
型 号	405	408	410	415	420	425	450
指 标							
額定流量(在70公斤/厘米 ² 压降下) 升/分	0.5	4.7	19	33	76	95	189
額定电流 毫安	8						11.0
額定压力 公斤/厘米 ²	210	316					
使用压力 公斤/厘米 ²	~210	21~316					
供油腔耐压 公斤/厘米 ²	316						
回油腔耐压 公斤/厘米 ²	210						
零位洩漏(供油压力210公斤/厘米 ²) 升/分		0.3	0.7	1.0	3.8	5.7	9.5
頻率响应(相位迟后 90° 时) 赫		160	125	90	45	35	15
迟滞 %	3						
温度范围 °C	-54~135						
温度零漂 %/56°C	2						
供油压力零漂 %/70 公斤/厘米 ²			1	1	1		
回油压力零漂 %/7 公斤/厘米 ²			0.4	0.4	0.4		
重量 公斤	0.28	0.19	0.35	0.4	0.8	1.3	8.6

405型是只有400系列的第一级放大部分（力矩马达和射流管部分）组装在本体内的最简单的单级伺服阀。由于射流管式效率高、控制力大，所以只用第一级作伺服阀也能充分发挥作用。

1-3. C 系列

是使用400系列作第1、2级，并换以大容量滑阀的三级伺服阀。

图3是其线路，第三级滑阀2的位置，用线性电位计③检测，作为电反馈反馈到先导级伺服阀1的放大器④上。



照片 3 C系列伺服阀

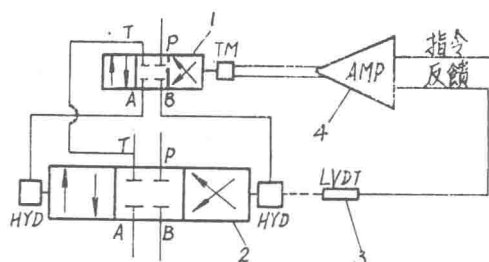


图 3 C系列伺服阀

2. 构造和作用原理

Abex 伺服阀的构造和作用原理，已使用的皆相同，但为简要叙述此阀在设计上的特长，在此以400系列为例，简要说明如下。

Abex 400系列伺服阀的第一级放大部分，是由力矩马达、射流管及接受器所构成的电液放大器。

P腔压力油的极小部分流过90微米滤器，向着与第二级滑阀端面分别相连的接受器的两个接受孔喷射。当射流管对准接受器两个接受孔的中央时，射到每个接受孔的射流强度相等，滑阀不动。如电流加到力矩马达上，由于电磁作用，在衔铁上产生力矩，安装在衔铁中心的射流管与衔铁一起旋转，由于二接受孔的射流强度差，所以滑阀移动。滑阀从中立位置移动，就使反馈弹簧弯曲，由于力矩马达驱动力矩的反抗力起作用，使射流管回到中央，滑阀就停在新的位置上。此时滑阀的位移与输入力矩成比例。因为力矩与输入电流、滑阀位移和流量成比例，结果第二级放大部分的流量与输入电流成比例。

3. 设计上的特长

Abex 伺服阀在设计上最重视的问题是“可靠性”。与可靠性有关的主要设计观点有以下三点：

- 1) 采用容易通过污粒的射流管式；
- 2) 采用使滑阀得到大驱动力的大直径滑阀；
- 3) 采用可使磨蚀影响最小的长行程。

据此，本文将以这几点为主介绍 Abex 伺服阀的特长。

3-1 先导部分

如前所述，伺服阀的故障大部分是因污染所引起的，其中大部分又是先导部分的污物堵塞。所以要想提高伺服阀的可靠性，必须首先加强这部分的抗污染能力。

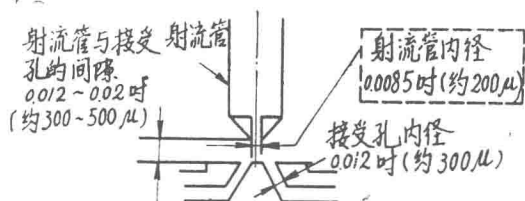


图 4 射流管式的实际尺寸

1) 最小尺寸

先导部分的抗污染能力首先取决于其油路的最小尺寸，在可能范围内增大此尺寸，可靠性就提高。图 4 是射流喷嘴部分的实际尺寸示例。

如图所示，射流管式一般射流喷嘴的内径最小，与此相比，接受器的接受孔直径为 1.5 倍，射流喷嘴与接受器之间的间隙为 1~3 倍。射流喷嘴

的内径 410~425 型为 200 微米，450 型为 500 微米，与挡板型的最小尺寸（此处为喷嘴与挡板的间隙）相比约大十倍。所以，就装 25 微米滤器的普通液压系统而言，污物能容易地通过。

2) 磨蚀的产生和特性的变化

污染的另一个问题是磨蚀。射流管式因为是控制两个接受孔射流动能分配比例的方式，没有象挡板式那样的油流急转弯，所以一般磨蚀产生得少，洩漏也几乎不增加。即使在产生磨蚀的情况下，由于射流管式只有一个喷嘴，在正常的工作下磨蚀是对称的，引起零位偏移的可能性很小。又因射流喷嘴与接受器的距离对性能影响不大，所以即使磨蚀使此距离变化到喷嘴直径的程度，性能也几乎不变。

另外，由于射流管式只有一个油源（喷射源），万一射流管被污粒所堵死，也不会发生“满舵”现象，因滑阀回到中立位置中，所以是安全的。

3—2 输出部分

由于射流管式的控制力大，所以能在保持其性能的同时，增大滑阀的直径和行程。滑阀的直径越大，滑阀的驱动力也越大，抗污染的能力也越强。且滑阀的行程越长，磨蚀量与行程量的比例越小，其影响也越小，所以耐磨蚀的能力也越强。

因此，Abex 伺服阀采用比一般伺服阀约大 2 倍的滑阀直径及约大 3~5 倍的行程。从而滑阀的驱动力约为 3 倍以上，在相同磨蚀的场合下，第二级的洩漏量增加约 1/3 以下。

此外，由于驱动力大，可在滑阀端面上增设调整弹簧，有人利用它使之在停止时必然切换到安全位置上。因此，这也是射流管式的特点之一。

3—3 力矩马达

由于力矩马达的衔铁靠弹簧管而与工作液完全隔绝，所以不存在因工作液中磁性物集聚在力矩马达间隙中引起故障的情况。又因使用有余量的高力矩的力矩马达，所以由内外力所引起的零位偏移小，寿命长，可靠性高。

力矩马达的衔铁由弹簧管和旋转轴两方面支撑着，且力矩马达的装配为焊接结构，所以耐振动和冲击的能力强。因此，这种阀的安装方向不受限制。

4. 特性

图 5、图 6 示出 400 系列的典型特性图。

此系列的迟滞、分辨率和温度零漂小，迟滞一般为额定电流的 3% 以下，分辨率在 0.1% 以下温度每变 56℃ 时零漂约在 2% 以下。

虽然频率特性比一般伺服阀稍低一些，但对于在一般用途中所要求的频率数而言，完全可以使用。

图 7 是 410 型耐久性试验结果示例。虽然试验前后各种特性稍有变化，但都在还在指标内。解体结果也良好，仅看到在“O”形胶圈上出现某些轻微的粘贴状态，接受器表面的磨蚀极小。

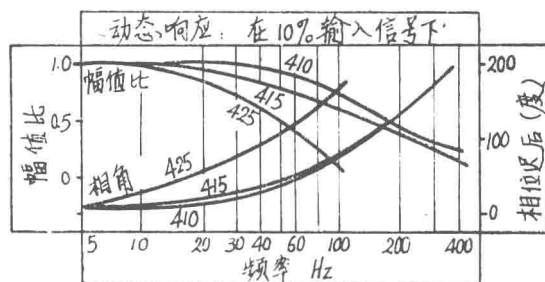
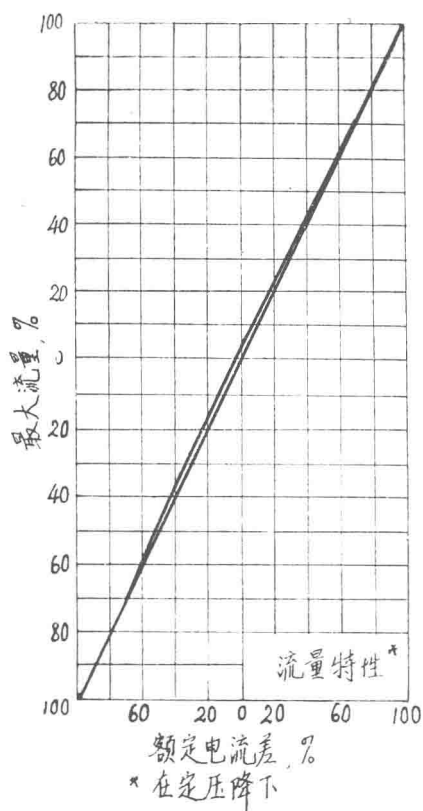


图 6 频率特性图

图 5 输出电流与控制流量特性

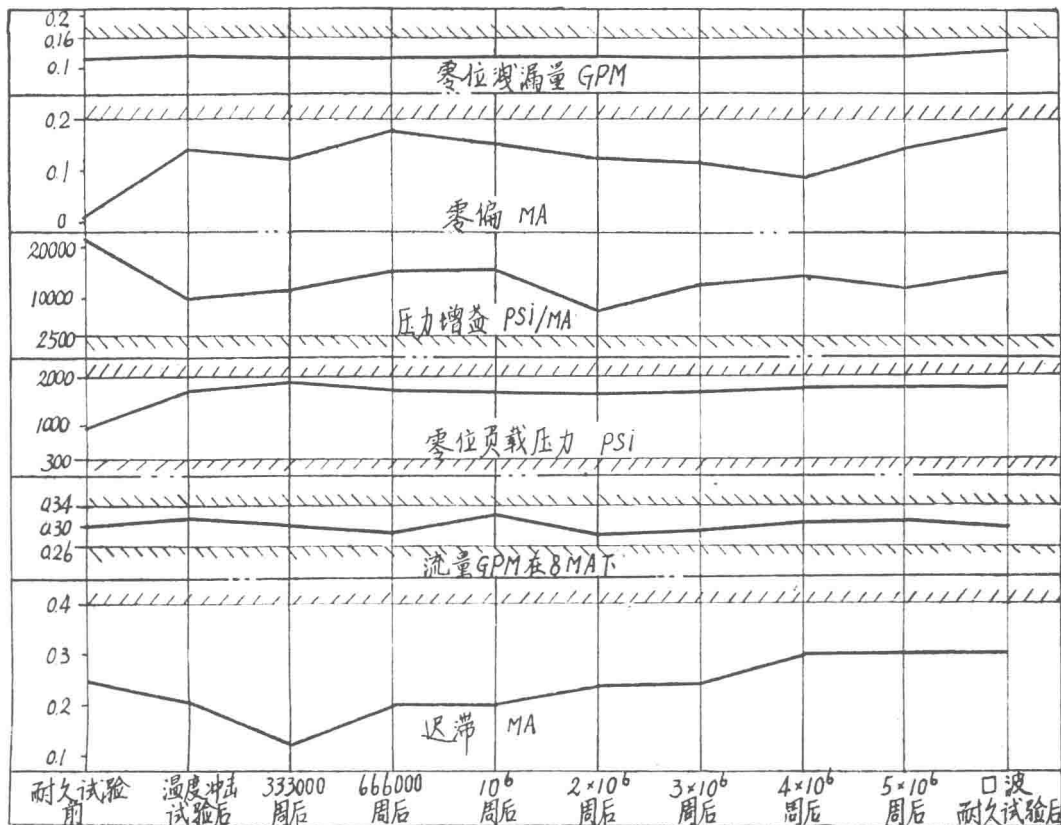


图 7 耐久试验后的性能示例