

液压技术译丛

(比例阀专辑)

榆次液压件厂液压元件研究所

一九七七年五月



毛主席语录

外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。学习外国必须同独创精神相结合。

采用新技术必须同群众性的技术革新和技术革命运动相结合。

让那些内外反动派在我们面前发抖罢，让他们去说我们这也不行那也不行罢，中国人民的不屈不挠的努力必将稳步地达到自己的目的。

毛主席语录

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学试验。

不但要有革命热忱，而且要有实际精神。

目 录

一、 日本的比例控制阀及其动向	(1)
二、 比例电磁式电磁阀	(7)
(日)油研公司	(7)
三、 电流式压力、流量控制阀	(14)
(日)丰兴公司	(14)
四、 电磁式压力控制阀和电磁式流量控制阀	(20)
(日)东京计器公司	(20)
五、 马克西 (MAXI) 阀和普莱西 (PRESSI) 阀	(29)
(日)不二越公司	(29)
六、 电磁式压力比例控制阀	(42)
(日)内田油压机器公司	(42)
七、 拉新 (Racine) 式压力流量控制阀	(46)
(日)考新·拉新公司	(46)
八、 车辆用比例控制阀	(52)
九、 电液比例阀	(54)
十、 比例复合阀和电磁控制	(55)
(日)大金 (DaiKin) 公司	(55)
十一、 比例电磁式控制阀及其应用	(79)
(日)日本丹尼逊公司	(79)

日本的比例控制阀及其动向

一、概要

液压控制阀，基本上是以定值控制，顺序动作为目的而设计、发展起来的。流量、压力的液压控制的控制量，就控制阀来说，是以手动方式调定的。如何保持调定值的稳定，是设计控制阀的基本着眼点。对油流的方向、流量和压力的变化，人们以开闭工作油通路的办法，进行控制。

这种看法，现在仍是主流。但是，近几年来，人们日益要求进一步运用液压回路机能的多样性，更多地运用电子的控制性能高的装置。沿着这种要求而发展了以电气信号连续地控制压力、流量和油流方向的控制阀。

液电伺服阀（以下简称伺服阀）就是符合于这个目的的，原来就有的控制阀。固然它也是液压元件，但它更倾向于闭环控制的控制元件，和这里所说的作为通用液压元件而发展的比例控制阀的目的是不同的。

下面，把伺服阀包括在内，谈一下比例控制阀的现状及其发展趋向。

二、伺服阀

如前所述，伺服阀是把来自闭环控制的技术要求，具体化为液压控制阀的控制元件的。它被设计得在闭环系统中能发挥最大的能力。伺服阀重视的是，滑阀中间位置（油流方向换向的中间位置）附近的性能连续性。这里所说的性能指的是空载流量特性或压力增益特性。

为实现中间位置的性能，遮盖量要控制在 1μ 左右，稍不注意，时间一长，就易于招致中间位置的不稳定。因此，必须控制在闭环系统能够吸收的量以下。

100赫芝左右的伺服阀，在目前的频率领域内，其响应性多有90度的相位滞环。提高了响应性，则还能扩大液压伺服系统的效率，所以很需要发展具有300~500赫芝的响应性的伺服阀。

由于伺服阀有着大量用于飞机这样一个历史背景，所以强烈地要求小型化、轻量化以及控制电流的微小化。目前的实际情况是，如果把这种伺服阀用于一般工业，则由于价格上、维修保养上的原因，难于使用。这就出现了要求研制、发展不改变综合性能、结构简化，而又能充分满足一般工业要求的伺服阀，这种伺服阀已研制出来，销售于市场。

三、比例电磁式压力控制阀

通用的压力控制阀，如果以电气进行远距离操纵，代替手动调定，则能进一步提高液压装置操作的自由度。为此，研制、发展了代替溢流阀、减压阀等的先导阀手轮的、装有小型马达、比例式直流电磁铁的压力控制阀。小型马达结构的，虽在保持调定值上比较优越，但在响应性上存在着难题，因而人们不太欢迎，所以使用直流电磁铁结构，是比例电磁式压力控制阀的主流。

比例电磁式压力控制阀中，结构最简单的是，只把手轮部分换为直流电磁铁，通过弹簧来操纵提动阀（锥阀）。（参见《比例电磁式电磁阀》一文中的图3。这种结构，为使（作用在）提动阀（锥阀）上的油压与电磁力相平衡而布置有弹簧。因此，在动态上具有稳定的特征。但是，由于可动铁芯的行程大，所以在响应性上存在着难题，电磁铁的滞环也大到5~7%。

为消除上述缺点，日本丰兴公司所研制的比例阀不使用弹簧，而直接以可动铁芯操纵提动阀（锥阀）。这种结构，需要使电磁铁的吸引力特性具有同弹簧等效的梯度。（参见《电流式压力、流量控制阀》一文中的图1）。

这两种结构，需要电磁铁输出足以克服作用于提动阀（锥阀）上的油压，这个力大至20~30公斤/厘米²。随着电磁力的加大，控制电流最大须达1安培左右。

东京计器公司和不二越公司，把电磁铁搞成小型化的并缩短了可动行程，以改善静特性和动特性。（参见《电磁式压力控制阀和电磁式流量控制阀》一文中的图1及《马克西阀和普莱西阀》一文中的图13）。这种结构，不以提动阀（锥阀）操纵，而采用了伺服阀所使用的喷嘴挡板。这种结构同大型电磁铁结构的比较，虽然结构稍微复杂了，口径变大了，并由于使用喷嘴挡板，存在着工作油中的尘埃（污染）问题，但静、动特性却都优越了。在对工作油污染控制尚不普及的今天，大型电磁铁结构的，因故障少而受到重视；但如污染控制技术普及了，情况就会反过来，喷嘴挡板结构的将受到重视。

不论哪种结构，阀的基本形式都是通用的溢流阀和减压阀。因此，它们的定值控制性能（时间稳定性），超不过通用阀的性能。在目前情况下，电磁化了的结构，在性能上不如通用阀，这就必须迅速研究，改善电磁先导部分。

四、比例电磁式流量控制阀

带压力补偿的流量控制阀，以直流电磁铁代替其流量调整手轮，直接操纵控制滑阀，则能以电信号连续地操纵直接电流，《比例电磁式电磁阀》一文中的图5为其实例。此例在比例控制阀中使用得最多。但是由于使用大型电磁铁，因而与压力控制阀一样，存在着滞环大的问题。

东京计器把电磁铁搞成扭矩马达的，是小型的，以力反馈式两级放大机构操纵主滑阀。虽然结构复杂，但滞环为3%以下，响应性也好。（参见《电磁式压力控制阀和电磁式流量控制阀》一文中的图5）。

上述的比例电磁式流量控制阀，运用压力补偿机能，而被广泛地应用在开式回路中的速度、程序控制和无冲击操作中。但由于为进行速度转换及执行元件的停止操作，还另需转换阀，因此研制、发展的着眼点趋于下述的比例电磁式方向流量控制阀。

五、比例电磁式方向流量控制阀

以上所述的压力控制阀、流量控制阀是以通用的控制阀为基础发展起来的；方向流量控制阀，是在伺服阀的基础上发展起来的。与伺服阀相比，由于方向流量控制阀主要是为用在开式回路上而发展的，所以它的重点不是放在零点特性的连续性上，而是放在保持执行元件位置的机能上，并且在零点还需要布置一个死区。这个死区的宽度，应该根据油流的条件，并考虑到由于电磁铁、放大部分所引起的整个阀的滞环量的因素来确定。

这种阀的结构，多是仿照伺服阀的。《车辆用比例控制阀》一文中图示的，便是接近于伺服阀的车辆用的结构。日本不二越公司的带负载压力补偿机构的一般工业用的马克西阀，采用的是力矩马达。（参见《马克西阀和普莱西阀》一文中的图1）。日本油研公司不用喷咀挡板而使用滑阀（Sliding spool）。这种结构是，使滑阀同主阀弹簧的力相平衡，而使主阀滑阀定位。（参见《比例电磁式电磁阀》一文中的图3）。总之，绝大部分主阀都是由通用换向阀发展而来的，可以自由选择滑阀机能。基于上述理由，绝大部分不采用以大型电磁铁直接操纵主滑阀方式。

今后随着应用范围的扩大，滑阀机能将多样化，主阀滑阀的稳定性将更加重要，并且要求降低滞环量，所以将采用具有反馈机能的接近伺服阀的滑阀控制机构。

但是以喷咀挡板为代表的液压放大部分，必须作为通用元件，必须能够承受恶劣的使用条件。这方面的许多问题，有待今后研究。

六、小结

比例控制阀的特征在于，不使用来自装置的反馈，就能进行压力、流量等的控制。因此，就压力控制阀来说，调定压力的稳定是重要的；就流量控制阀、方向流量控制阀来说，控制滑阀的稳定性是重要的。电磁铁部分、放大机构的滞环特性，决定着各该阀的品位。反过来看，响应特性有10赫芝左右即可，因此在提高响应性上所做的努力与前者比较是第二位的。

此外，工作油的污染同控制阀的连续控制性能，是相反的关系，因此在实际设计中，在两者之间着重于哪一个，又如何结合起来，乃是重要问题。

由于比例控制阀的发展，进一步扩大了液压装置的机能。但是这种机能，不仅是依靠液压元件本身而在很大程度上要通过电子控制装置才能实现。因此，为充分发挥比例控制阀的机能，不可忽视电子元件的重要性。

摘译自日本油研公司《中国讲演资料》

附：日本几个公司比例控制阀的规格及性能水平

表1 日本七个公司电—液比例压力控制阀的规格及性能水平

厂家名称	阀的尺寸	最高使用压力 (公斤/厘米 ²)	调压范围 (公斤/厘米 ²)	额定流量 (升/分)	压力误差 (相对于输入信号)	频率特性 (赫芝)	滞环 (%)	分辨率 (%)	适用温度范围 (°C)
内田油压	尺寸一样	150	8~140	2	1公斤/厘米 ²	6	5	2	10~60
	”	110	5~105	2	1公斤/厘米 ²	6	5	2	10~60
	”	80	3~80	2.5	0.7公斤/厘米 ²	6	5	2	10~60
考新—拉新	³ / ₈ B	210	6~210	40	±1.75公斤/厘米 ²	9	±1.4公斤/厘米 ²	不详	0~80
	³ / ₄ B	210	7~210	120	±1.75公斤/厘米 ²	9	±1.4公斤/厘米 ²	不详	0~80
	1 ¹ / ₄ B	210	8~210	260	±1.75公斤/厘米 ²	9	±1.4公斤/厘米 ²	不详	0~80
大金	¹ / ₄ B	210	10~70 20~140 30~210	2	不详	0.1秒*1	3	1	15~60
	³ / ₄ B	210	10~70 20~140 30~210	170	不详	0.1秒*1	3	1	15~60
	1 ¹ / ₄ B	210	10~70 20~140 30~210	380	不详	0.1秒*1	3	1	15~60
东京计器	¹ / ₄ B	70 140 210	7~70 14~140 21~210	2	不详	10	3	0.5	15~70
	³ / ₄ B	70 140 210	7~70 14~140 21~210	170	不详	10	3	0.5	15~70
	1B	70 140 210	7~70 14~140 21~210	380	不详	10	3	0.5	15~70
不二越	³ / ₈	70 140 210	7~70 14~140 21~210	80	3%*2	28	3	0.3	0~70
	³ / ₄	70 140 210	7~70 14~140 21~210	170	3%*2	9	3	0.3	0~70
	1 ¹ / ₄	70 140 210	7~70 14~140 21~210	380	3%*2	5	3	0.3	0~70
	2	70 140 210	7~70 14~140 21~210	不详	3%*2	不详	3	0.3	0~70

表 1 续

油	$1/4$ B	210	10~40 10~140 10~210	2	10%•3	3	7	1	10~60
	$3/4$ B	210	10~70 20~140 30~210	100	不详	1	7	1	10~60
丰 兴	02	210	10~210	1	5%以下	10	5	不详	0~60
	04	210	10~210	40	5%以下	10	5	不详	0~60
	06	210	10~210	120	5%以下	10	5	不详	0~60
	10	210	10~210	320	5%以下	10	5	不详	0~60

- 1: 为过渡响应时间
- 2: 为滞后量 $0 \rightarrow$ 设定压力的重复为1%左右
- 3: 表示直线的关系

表 2 日本六个公司电—液比例流量控制阀规格及性能水平

厂家名称	阀的尺寸	最高使用压力 公斤/厘米 ²	流量调整范围 升/分	流量误差 (相对于输入信号)	有无压力补偿	有无温度补偿	频率特性 (赫芝)	滞回 (%)	分辨率 (%)	适用温度范围 (°C)
考新 * 拉新	$3/4$	210	5~120	±5%	有	有	9	5升/分	不详	0~80
		210	8~240	±5%	有	有	9	5升/分	不详	0~80
大 金	$1/2$ B	210	2.5~80	不 洋	有	有无	*1 0.2秒	3.5~7	2.5~5	-20~70
	$3/4$ B	210	5~130		有	有无	*1 0.2秒	3.5~7	2.5~5	-20~70
	1B	210	8~200		有	有无	*1 0.2秒	3.5~7	2.5~5	-20~70
	$1 1/4$ B	210	12~300		有	有无	*1 0.2秒	3.5~7	2.5~5	-20~70
	$1 1/2$ B	210	20~500		有	有无	*1 0.2秒	3.5~7	2.5~5	-20~70

表2续

东 京 计 器	$1/8$ B	35	0.04~3	不	有	有	7	3	不详	10~70
	$1/4$ B	210	08~16		有	无	7	3	不详	10~70
	$3/8$ B	210	3~60		有	无	7	3	0.5	10~70
	$3/4$ B	210	2~170 2~250		有	无	7	3	0.5	10~70
	1B	210	4~380 4~500	详	有	无	7	3	不详	10~70
不 二 越	$3/4$ B	210	0.05~38	3*2	有	*4	*5 0.05秒	3	0.5	~93
	$3/4$ B	210	5~151	3*2	有	*4	*5 0.2秒	3	0.5	~93
	1B	210	10~470	3*2	有	*4	*5 0.2秒	3	0.5	~93
	3	140	50~	4*2	有	*4	*5 0.04秒	4	0.5	~93
	3	210	50~	4*2	有	*4	*5 0.05秒	4	0.5	~93
油 研	$1/4$ B	210	1~30	10*3	有	有	5	7	1	10~60
	$3/8$ B	210	2~60 2~125	10*3	有	无	5	7	1	10~60
	$3/4$ B	210	3~250	10*3	有	有	5	7	1	10~60
	$1^{1/4}$ B	210	5~500	10*3	有	有	5	7	1	10~60
丰 兴	02	140	0.1~2 0.5~16	5以下	有	有	—	3	—	0~60
	03	140	0.5~50	5以下	有	有	—	3	—	0~60

- *1: 是死区时间, 时间常数0.5~10秒。
- *2: 是滞后量。
- *3: 表示直线的关系。
- *4: 虽无温度补偿机构, 但由压力补偿兼有温度补偿机能。
- *5: 阶跃响应(单位秒)。

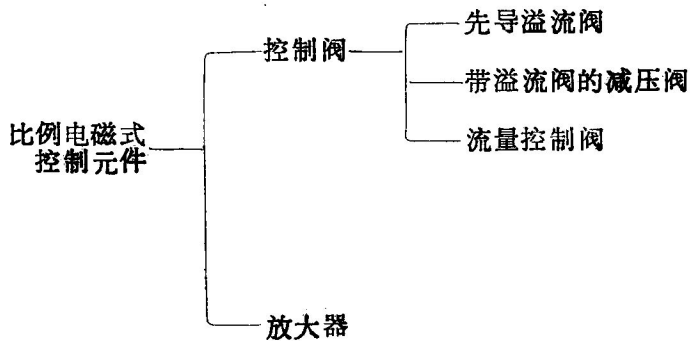
以上两表均译自(日)《油压化设计》13卷4期

比例电磁式电磁阀

油研工业公司 新宫康之等四人

最近,在液压控制系统中,比例电磁式控制阀的应用多起来了。这个比例电磁式控制阀,是为把迄今为此,以手轮、手柄等进行的压力和流量(这是液压控制的基本内容)的调整,改为电气式的远距离控制,并能进行无级转换而研制发展的。

这里介绍的比例电磁式控制元件,是以电磁控制压力和流量控制阀以及驱动这个阀的放大器。

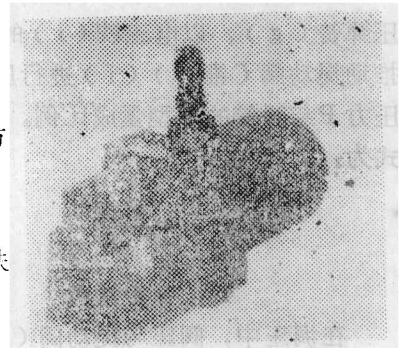


原理和结构

1、比例电磁式先导溢流阀(照片1)

在进行液压系统的压力控制时,一般使用溢流阀,这个阀一般是平衡活塞式的,是对主阀进行先导控制方式的。

先导控制方法,使用提动阀(锥阀),操纵手轮,通过弹簧,使推力发生变化。不操纵手轮,而利用电磁铁吸引力的先导控制方法,就是比例电磁式先导溢流阀。一般说来,用于普通电磁换向阀的电磁铁,如图1所示,向电磁阀施加电压以后,由于吸引力大于负载而立即换



照片 1

向,但用于比例电磁式先导溢流阀的电磁铁,如图2所示,其吸引力基本上与通在电磁铁上的各电流值成比例地变化。在图示情况下,电流值为0.1安培时,吸引力在A点上、电流值

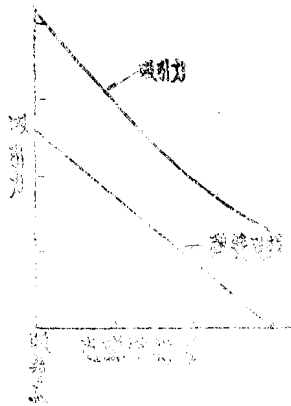


图1. 电磁式电磁阀电磁力特性

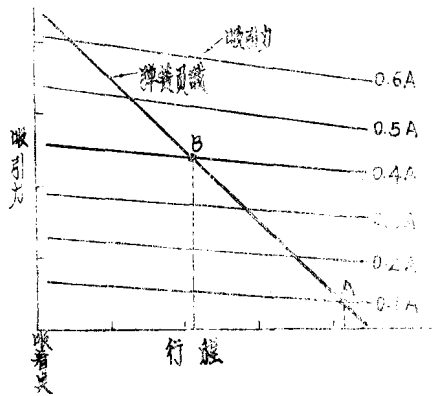


图2. 比例式电磁铁吸力

为0.4安培的吸引方在B点上，吸引力与弹簧负载相平衡。图3示出比例电磁式先导式溢流阀的结构。右斜为锥阀，在可动铁芯上所发生的吸引力、锥阀卸开，溢流阀进行压力调定。这个阀主要是做为先导控制阀而用在溢流阀和顺序阀等的非油回路上。

2、带比例电磁式溢流阀的减压阀。

这个减压阀的压力调定，也使用与上述同样的电磁铁，以电磁铁控制提动（锥阀）阀。图4是这个阀的结构图。只把部分液压回路的压力减压到等于溢流阀调定压力时，使用这个阀。

控制滑阀（c）的先导控制阀（e）经调压弹簧（g），以电磁铁（i）的推杆（k）推动提动阀（锥阀）（f）进行压力调定。

压力 P 与弹簧的变型量成比例。压力的近似式为：

$$P = \frac{KX}{S}$$

K: 弹簧常数 X: 变型量 S: 提动阀（锥阀）受压面积

在调压中，阀座与提动阀（锥阀）之间的间隙极小，与弹簧的阀变型量比，可忽略不计。

这个减压阀与普通的减压阀不同，额外地布置了油箱油口（d）。这是为了当二次压力比例（b），发生超过调定压力的高压时，也能迅速地恢复到调定压力而布置的。如果

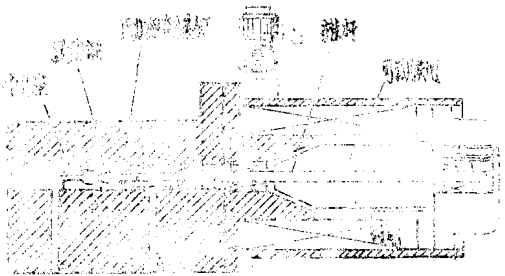


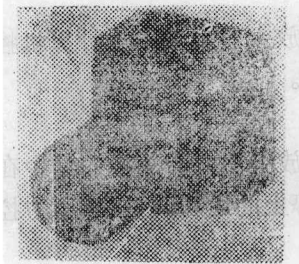
图3. 比例式电磁式先导溢流阀结构

二次压力侧的压力低于由电磁铁电流的所成的调定压力值，则滑阀(c)被向下推压，压力油从一次压力侧向二次压力侧流动。

当二次压力侧的压力上升，达到调定压力时，滑阀(c)停止于保持调定压力的位置。当二次压力侧的压力超过调定压力时，滑阀(c)被向上推，二次压力侧与油箱油口相通，压力油泄荷，从而二次压力侧的压力，迅速地下降到设定压力。

3、比例电磁式流量控制阀（外形见照片2）

这个控制阀也和压力控制阀一样，使用的是与通到电磁铁的电流相对的(即成比例地)发生一定的吸引力的电磁铁，并且采用的是开口面积可变的流量控制节流口。因此，如图5所示，和原来的流量控制阀一样，备有压力补偿装置，可以作为薄刃节流式的节流阀。



照片2

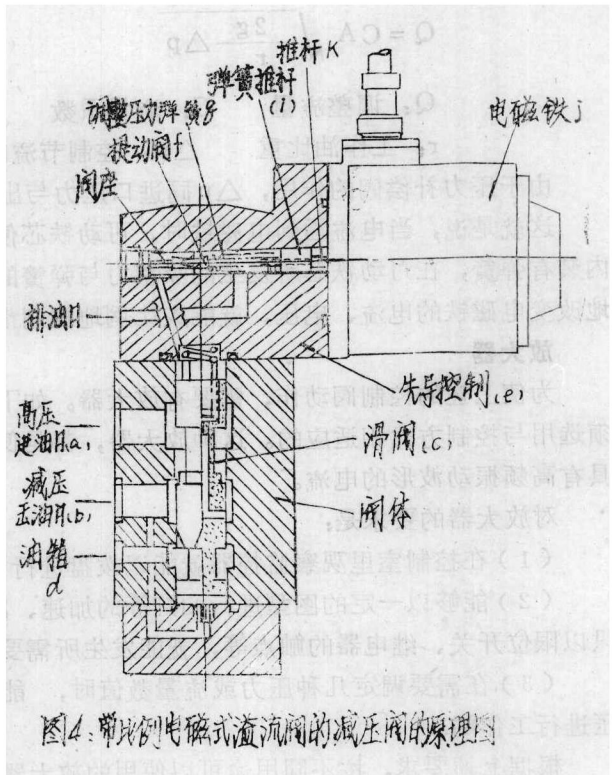


图4: 带比例电磁式溢流阀的减压阀的原理图

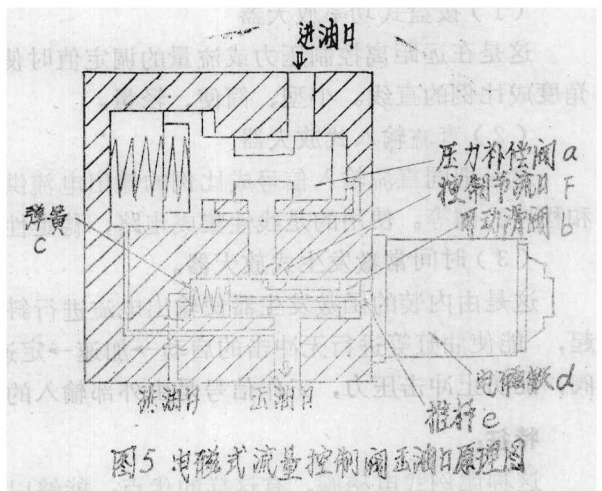


图5 电磁式流量控制阀节流口原理图

这个阀的工作原理是：活塞式可动滑阀(b)，控制通到进油口的流量，可动滑阀在弹簧(c)的斥力与电磁铁的吸引力相平衡时定位，决定控制节流口(f)的开口面积

A。基于开口面积A的大小，流量由下式构成：

$$Q = CA \sqrt{\frac{2g}{r} \Delta p}$$

Q：调整流量 C：流量系数 A：开口面积 g：重力加速度
r：工作油比重 Δp ：控制节流口的压差

由于压力补偿阀的作用， Δp 同进口压力与出口压力无关，保持恒定压差。

这就是说，当电流通到电磁铁时，可动铁芯便发生吸引力，经推杆推开滑阀，滑阀内装有弹簧，在可动铁芯所发生的吸引力与弹簧的斥力相平衡的位置上滑阀停止。连续地改变电磁铁的电流、电压，就能成比例地控制滑阀的行程和可动铁芯的吸引力。

放大器

为使上述的控制阀动作，需要有放大器。如下所述，有各种机能不同的放大器，必须选用与控制方式相适应的。这种放大器，都是使用可控硅进行相位控制的，它能提供具有高频振动波形的电流。

对放大器的要求是：

- (1) 在控制室里观察监控器就能以拨盘进行调定的。
- (2) 能够以一定的图型进行油缸等的加速、减速时间及最高速度动作的。这样，只以限位开关、继电器的触点等，就能发生所需要的图型。
- (3) 在需要调定几种压力或流量数值时，能够设置调定器或以计算机等的信号电压进行工作的。

根据上述要求，按不同用途可以使用的放大器是：

(1) 拨盘式功率放大器

这是在远距离控制压力或流量的调定值时使用的放大器。输出电流是与拨盘的回转角度成比例的直线。小型、简便、轻量。

(2) 直流输入式放大器

这是把同直流输入信号成比例的输出电流供给电磁铁的放大器。通用于计算机控制和程序控制等。使用的是线性集成电路，稳定性高，增益大。

(3) 时间常数发生式放大器。

这是由内装的函数发生器使输出电流进行斜坡式增减的放大器，与流控阀结合在一起，能使油缸等进行无冲击的启动→加速→定速→减速→停止的运动。用于压力控制阀，能防止冲击压力，工作信号是由外部输入的。

特征：

这种比例式电磁阀，有这样的优点：能够以电气信号进行远程操作；输出与输入电信号是成比例的，并且能够进行连续控制。在液压回路中，为进行流量及压力的分级变化（转换），原来是分几级（阶段）需要几个阀，并且必须以某种方法进行转换。

使用比例电磁式电磁阀，液压回路简化了，整个系统紧凑、小型了，并且降低了整个系统的造价。这个阀与伺服阀不同，如上所述，它与一般液压元件及结构是相似的。因此，安装和配管工程可与一般液压元件做同样处理拆、卸、维修、保养也简便易行。同时，由于电气操作和回路简单，既不需要高度的技术又易于使用。这些就是这种阀的特征。

规格

表一为压力控制阀的规格，图6表示输入电流—压力的关系。这里所示规格中的数值，都是开式回路时的数值。

表二为流量控制阀的规格。如前所述，由于备有压力补偿装置，在压力变化下，能获得稳定的流量。将电流—流量特性、压力—流量特性示于图7、8。

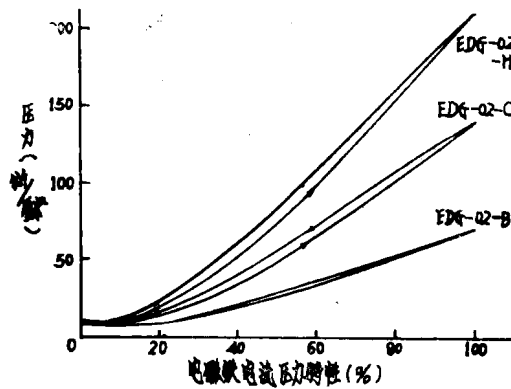


图6 电磁换电流—压力特性

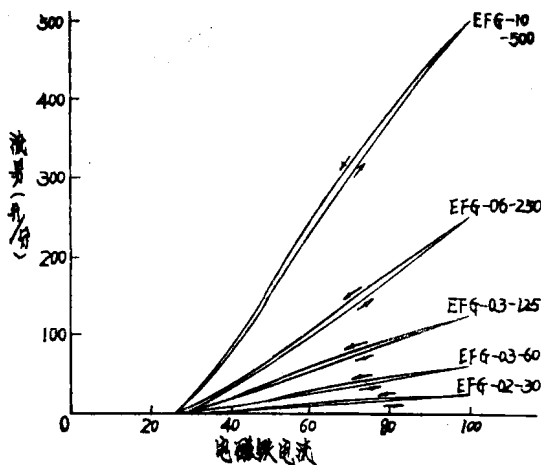


图7 电磁换电流—流量特性

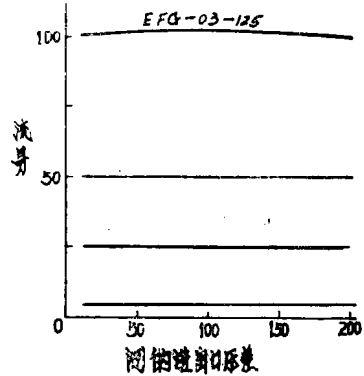


图8 压力—流量特性

表1、压力控制阀的规格

	先 导 溢 流 阀	带 溢 流 阀 的 减 压 阀
型 号	EDG—02—*	ERBG—06—*
名 义 尺 寸	1/4	3/4
最 高 使 用 压 力	210公斤/厘米 ²	210公斤/厘米 ²
调 压 范 围	B: 10~70	B: 10~70
	C: 10~140	C: 10~140
	H: 10~210	H: 10~210
额 定 流 量	2升/分	100升/分
频 率 特 性	3HZ (-3dB)	1HZ (-3dB)
滞 环	7%以下	7%以下
线 圈 输 入 电 流	900毫安	900毫安
线 圈 阻 抗	40欧姆	40欧姆
重 量	8公斤	18公斤

表2、流量控制阀的规格

型 号	EFG—02 —30	EFG—03 —60	EFG—03 —125	EFG—06 —250	EFG—10 —500
名 义 尺 寸	1/4	3/8	3/8	3/4	1 1/4
最 高 使 用 压 力 (公斤/厘米 ²)	210	210	210	210	210
额 定 流 量 (升/分)	30	60	125	250	500
流 量 控 制 范 围 升/分	1~30	2~60	2~125	3~250	5~500
频 率 特 性 HZ (-3dB)	5				
滞 环 (%)	7				
线 圈 输 入 电 流 (毫安)	900				
线 圈 阻 抗 欧 姆	45				

应用例

在使用这些比例控制阀的时候，需要在了解各个阀的性能的基础上，选择适合于该系统的阀。这些阀的实际应用例有：塑料注射机、紧固压铸机的金属模，以及控制注射压力和流量。在机床方面用于：多级进给速度及往复变速控制、紧固速度控制等，还用于传送带等的传送装置以及液压升降机等速度控制等。它还大量地用于轧机交换轧辊用的转动台的回转控制，压力机、锻（冲）压机等工业领域进行压力或流量控制的液压装置，公认效果很好。

本文根据（日）《油压化设计》1975.4、P14~16及1972.7、P39—44综合。