

二通插装式 比例节流阀

W. Backe', Y. H. Lu

提要 自从采用二通插装阀技术以来,人们已经将这一技术的原理应用于各种元件,实现了所有阀的功能。

滑阀或座阀比例于输入电信号进行阀口开度的调整,是一种简单但又极其重要的阀的功能。所谓的比例节流既可以作为与负载有依赖关系的流量调节阀使用,又可以在二通或三通结构型式的流量调节阀中,作为可用电信号调节的检测节流器使用。

本文从介绍两种市面上现有阀的结构和性能着手,阐述了阿亨工业大学液压与气动研究所研制的一种比例节流阀,这种阀是根据至今尚未应用的原理设计的。

直接控制式比例节流阀

图1表示一种用比例电磁铁直接控制的滑阀式节流阀,该电磁铁连接在位置调节机构中。为了卸去二通插装式滑阀上的轴向液压力,将进油口A的压力引到阀芯背面与之前面积相等的环形面上。

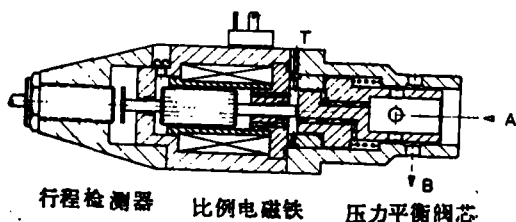


图1 比例节流阀

弹簧腔的环形面积和余下的背面面积也

做成相等,于是阀也卸去由油箱压力造成的轴向液压力。位置调节位移传感器与比例电磁铁壳体连成一体。而由于衔铁腔充满油液,故位移传感器应具有密封性。

图2表示在不同压差 $P_A - P_B$ 下,流量信号的函数关系。这些特性曲线有很宽的线性区,但随着压差的增加,滞回略有增大,在 $\Delta P = 200 \text{ bar}$ 时约为1.5%。流经比例节流阀的流量与压差有关,对于不同输入信号,其特性曲线如图3所示。

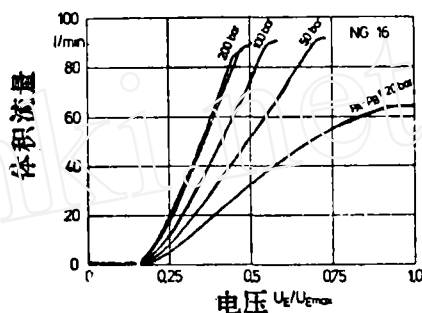


图2 流量-信号曲线

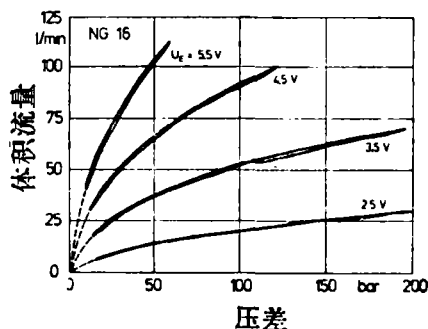


图3 特性曲线族 $Q=f(\Delta P, U_E)$

节流口过流面积与阀的行程 x 成比例,因而通过阀的流量也与之成比例。由图4频率特性可以明显看到,节流口过流面积能相当快地跟随输入信号作相应的变化。在图中给定的条件下, -90° 时频率约为8 Hz,此时幅值下降约30%〔2〕。

先导控制式比例节流阀

图5表示了一种先导式比例节流阀。这里,比例电磁铁用一个与输入信号成比例的力来推动先导级四棱边滑阀,进而调节控制

活塞。而控制活塞的位置，则通过弹簧反馈到先导控制滑阀上去。这就是以力平衡来达到位置调节的目的。控制活塞带动着主阀芯控制杆，利用控制活塞，借助于单梭边控制，通过带行程补偿的位置调节，二通插装阀从而实现定位。除了电信号输入级以外，这类阀有两个液压先导控制级和一个主阀级。在现在所分析的阀中，第一个先导级的控制油由外部供给，进油口为X，相应的回油口为Y。然而，它也可以是内供控制油式。

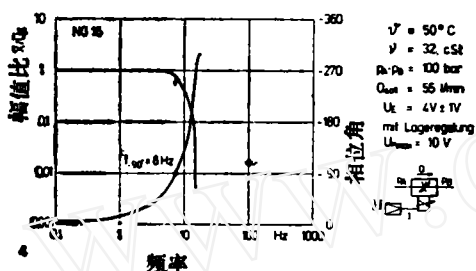


图 4 比例节流阀的频率响应

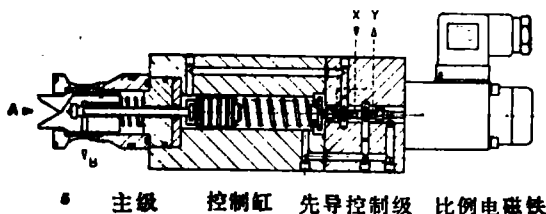


图 5 比例节流阀

第二个先导级的控制油取自主油路（油口A），然后流向执行元件（油口B）。这种控制节流阀的静态性能，可由以下两图看出。图6表示在不同压差下流量与输入信号的关系。由于采用涡轮流量计测量流量，因而记录不到小流量值。图7表示在不同输入信号下，流量与节流阀前后压差的关系。由于作为干扰的第一个先导级滑阀摩擦并未参与调节，因此，要利用颤振信号将它抑制到尽可能小的程度。图6与图7，均记录了迭加到控制信号中的颤振信号的频率与幅值。

由图8中频率特性得出这种阀的动态性能。这里， -90° 时的频率约为14 Hz，此时

幅值下降约10%。

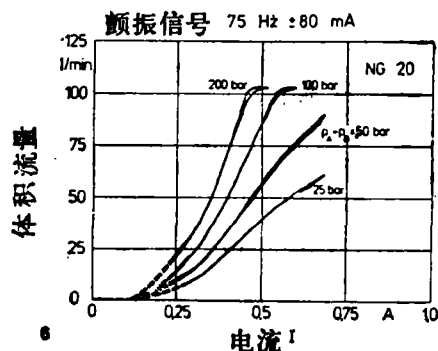


图 6 流量-信号曲线

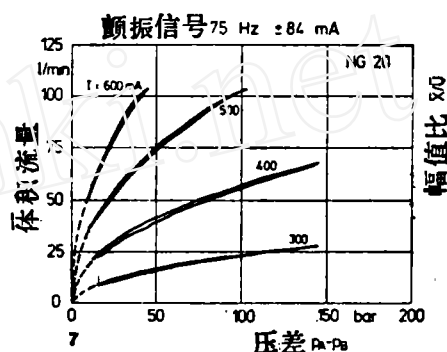


图 7 特性曲线族 $Q=f(\Delta P, I)$

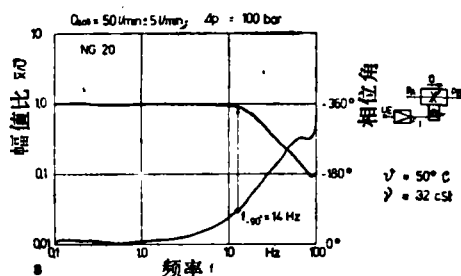


图 8 比例节流阀的频率响应

新研制的比例节流阀

阿亨工业大学液压与气动研究所研制了一种比例节流阀，它的结构与上面所介绍的阀都不一样，图9为这种阀的原理图。这里，利用比例电磁铁产生与输入电信号成比例的力也作用于先导控制滑阀。先导控制滑阀以单梭边控制或双梭边控制的方式，去控制二通插装式主阀芯。先导级中，设有液阻 R_1 ，它对单梭边控制是必需的。液阻 R_2 与 R_1 用以优化阀的动态性能。

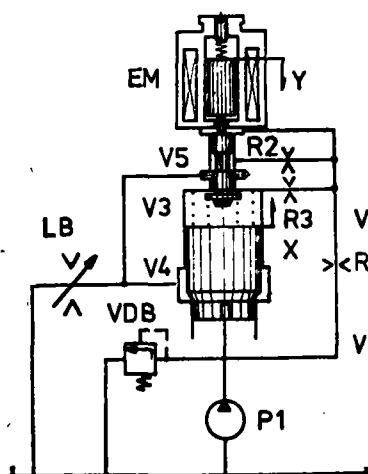


图 9 比例节流阀原理图

主阀芯的行程，经由螺旋弹簧反馈至先导滑阀，这也是以力平衡来达到主阀芯的位置调节的目的。如简化信号流图（图10）所示，主阀芯处摩擦力、液动力等干扰均作了控制，而比例电磁铁和先导级处的干扰力，则未作控制。因而，电磁铁控制信号里也应迭加颤振信号，以使摩擦带来的滞回尽可能地减小。先导控制油取自压力油口，并直接流入执行元件，没有必要再开引回油箱的接口。利用本研究所研制的 DSH 程序系统进行过深入优化的试验阀，取得下述的结果^[3,4]。

图11画出了在各种压差下流量输入信号的关系曲线，并标出了运行条件和特性尺寸。

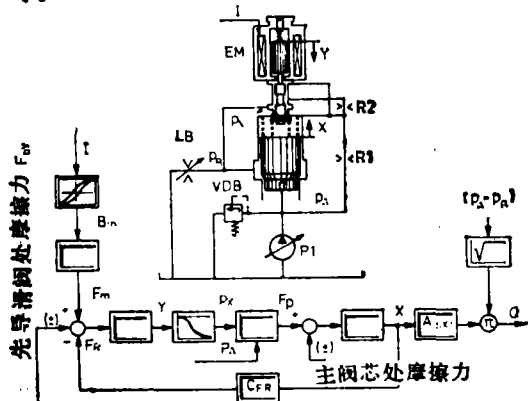


图 10 简化信号流图（静态）

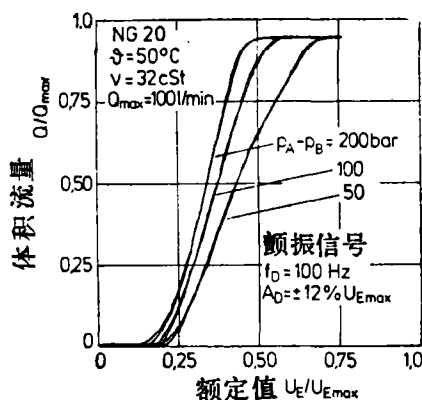
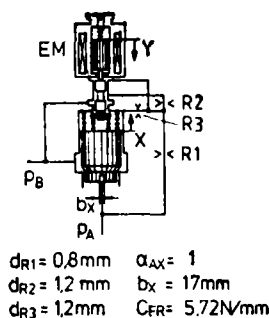


图 11 流量-信号曲线



由图可见，此阀具有较好的线性和约为 1.25% 小的滞回。图12表示的特性曲线族，描述了在每一个固定输入信号下，流量以及阀口行程 x 与压差的关系。大家知道，为了使主阀芯能对应于输入信号定位，就需要一定的最小压差。此压差，系根据面积比、有效弹簧力，以及先导控制半桥回路的压力增益来确定。

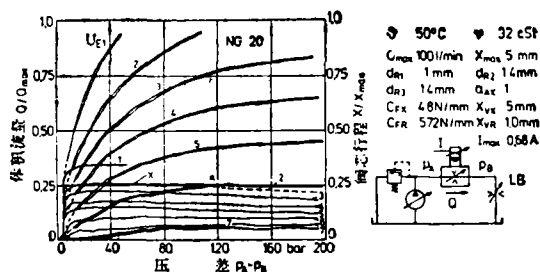


图 12 特性曲线族 $Q=f(\Delta P, UE)$

在压差 $P_A - P_B$ 较高时，随着压差的增加，液动力对开口行程细微减小的影响增大了。采用液动力较小的阀芯^[5,6]和压力增益较高的先导控制级，可使这种干扰减小。

这种阀的控制，除了比例电磁铁之外，还可以用螺杆压缩弹簧来达到。由于这里的作用力较大，反馈弹簧的强度可设计得大一些，这也就使得作为一种干扰而作用在先导滑阀上的摩擦的影响有所减小。

图13表示了手动比例节流阀主阀芯行程

和制节手柄转角的关系。由图可见, 这种阀具有较好的线性和较高的分辨率, 即流量的调节范围相当于调节手柄约 4 圈的大转角范围。这种比例节流阀, 若配用的主阀芯是不等面积的 (即 $\alpha_{AX} < 1$), 则无需其他附加元件就能实现一种单向阀的功能, 因此可作单向节流阀使用。比例节流阀的动态性能, 可用对额定值的阶跃响应、负载压力的阶跃响应以及频率特性来说明。

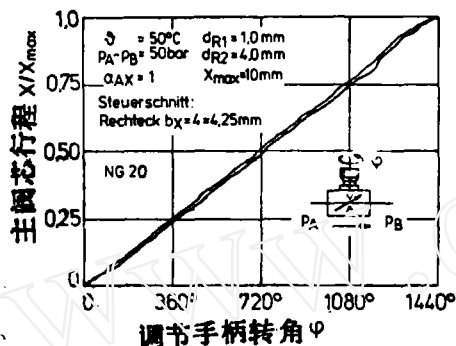


图 13 主阀芯行程与调节手柄转角关系

图14所表示的是额定值作阶跃变化时, 阀芯行程 x ——在相当大的程度上和流量相对应——随时间的变化关系。以图中所给出的结构参数和工作条件, 得到良好的衰减的瞬态响应, 如左边曲线所示。除了弹簧力反馈之外, 通过孔口节流器 R_3 还产生了一个与主阀芯控制速度 \dot{x} 成比例的压差作用于先导控制滑阀。利用此附加的速度反馈, 可对

阀的动态性能产生显著的影响。曲线表明, 调节过程约在 80ms 后结束。图的右边是额定值跃变时, 先导滑阀行程 Y , 主阀芯行程 x 以及压力 P_A 等的瞬态响应曲线。图上并画出了用数学模型在数字计算机上进行模拟所求得的曲线, 它与试验结果很一致。

比例节流阀对负载压力 P_B 跃变的响应可从图15明显看出。如图所示, 在某一定的输入信号作用下, 当回油管路上的换向阀打开时, 负载压力从 P_A 值突然降低到仅数 bar 的低压 P_B 。从图的右边还可以看到, 在不同额定值时, 主阀芯行程进入到工作位置并没有显著的超调。仅在小额定值时会使开口的幅值有所提高。过渡过程根据测定值在 50ms~70ms 以后结束。

图的右边表示了单项参数 Y 、 X 以及 P_A 、 P_B 在负载阶跃变化下随时间的变化关系。由于在负载阶跃变化之前就加上了输入信号, 因而在先导控制阀动作时 (开口量 Y 值处于较大的情况下), 响应过程就开始。应按既不使主阀芯行程产生较大的超调, 又不能使调节过程过分滞后的原则来调定液阻 R_3 。

在交变信号 $\Delta Q = 12.5\% Q_{max}$, 给定压差 $\Delta P = 100$ bar 时, 这种比例节流阀的控制频率特性如图16所示。对于单棱边控制的先导控制级结构 (半桥回路 B), 可得到 -90°

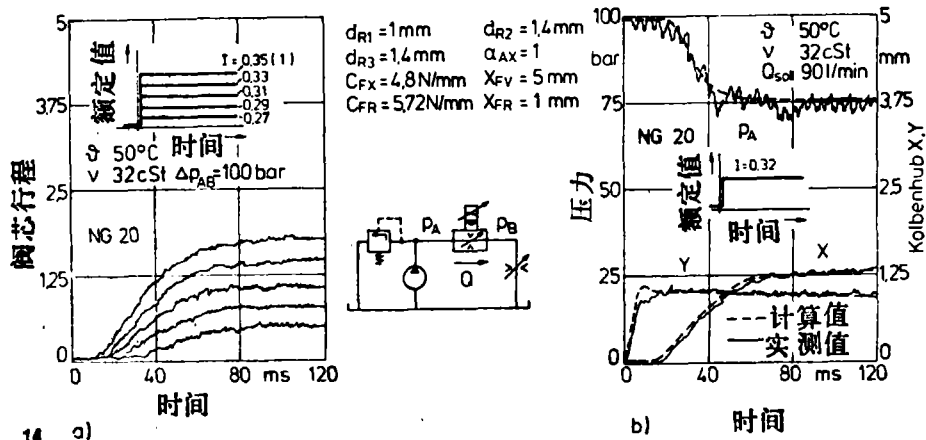


图 14 额定值阶跃响应

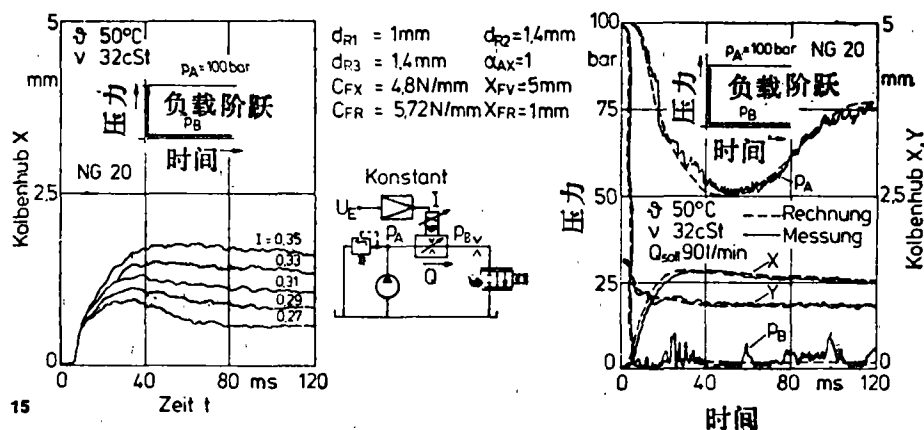


图 15 负载压力阶跃响应

的频率为 10.5Hz, 这时幅值下降 40%。

对双梭边控制的先导控制级结构(半桥回路 A), 则可得较小的幅值超调, 并且在较高的频率下幅值才开始下降。

结束语

上面讨论了一些比例节流阀的结构和性能。这些阀是按照其内部的控制回路来设计的, 而其主阀芯的位置代表了调节量。根据反馈的形式(电反馈、机械反馈、位置补偿或力补偿), 为了达到要求的功能所要求结构的费用一般并不相同。

前面讨论得很详细的一种阀, 是阿亨工业大学液压与气动研究所研制的, 其特色为制造成本较低和在应用技术上具有一些优

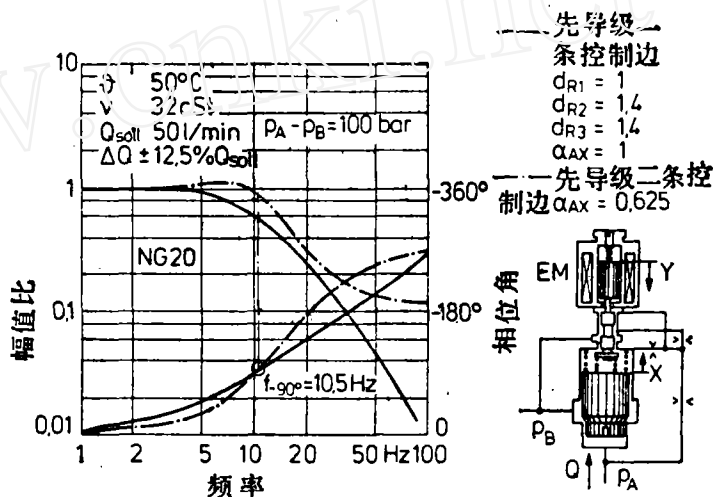


图 16 控制频率响应

点。

(吴根茂、邓延光译自 *ölhydraulik und Pneumatik* Jahr 24 Nr 1 1981, 田 科校)

(上接第64页)

会议邀请了一机部机械院情报所李永新付总工程师作“国外机械工业动态”专题报告、上海市机电一局朱云刚工程师作“价值工程”的专题讲座, 受到与会同志的好评。

会议经过协商提出增补25名学会理事,

推选出4名付理事、4名付秘书长及8名常务理事, 充实加强了学会的组织领导机构, 必将对今后的学会工作起到推动和促进作用。

(汪 萍 供稿)