

液压系统基本回路

盛君豪

一个复杂的液压系统，往往可由一些简单的液压回路组合而成。所以在设计液压系统时，往往可以根据对液压装置的动作和性能的要求，选用一些经过实践考验的基本回路，再设计一些专用回路和专用元件，就能组成一个完整的系统。

但是，基本回路终究只是一种参考回路，在设计实际的液压系统时，应考虑液压设备的安全性、操作性、经济性、散热性等问题。下面介绍一些液压系统常用基本回路，供系统设计时参考。

压力(或力、力矩)控制回路

压力控制回路主要利用各种压力控制阀来控制液压系统内的压力，以满足执行元件（液压缸、液压马达）对力或力矩的要求，或达到减压、卸荷等目的。

调压回路

图1所示为用溢流阀 P 来调定液压泵最高供油压力的回路。这种回路应用十分广泛。

图2所示为将远程调压阀（或小流量溢流阀） P_1 接在先导式溢流阀 P 的控制油口上，这样液压泵的输出压力便可由阀 P_1 远程控制。图中溢流阀 P 的压力一般调至系统的安全压力值。

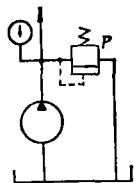


图1 使用溢流阀的调压回路

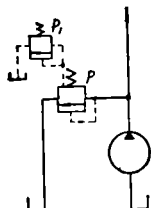


图2 远程调压回路

图3所示为采用比例溢流阀的调压回路。只要调节输入比例溢流阀的电流，即可调定系统压力。

图4所示为采用电磁换向阀 D 和远程调压阀 P_1 、 P_2 的多级压力回路，这种回路适用于自动操作和集中控制等场合。

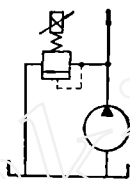


图3 采用比例溢流阀的调压回路

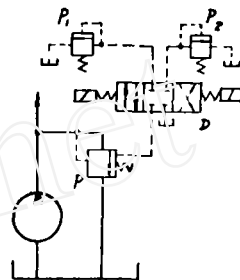


图4 多级压力回路

用电磁换向阀 D 转换主溢流阀 P 的控制油路，就可改变主溢流阀的溢流压力（图示回路可以得到三种压力）。

图5所示回路中的液压缸活塞右行及左行的最高压力分别由溢流阀 P_1 及 P_2 调定。

减压回路

减压回路用来使系统的部分油路具有较低压力，或用于使压力稳定的场合。

如图6所示，因液压缸 B 的油路在工作时所需压力比液压缸 A 的低，所以在其油路中串联减压阀。

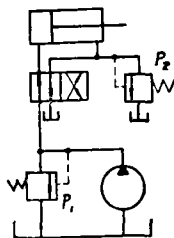


图5 双压回路图

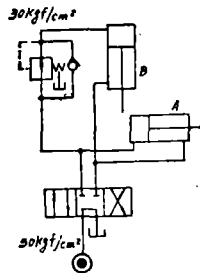


图6 减压回路

减压阀在进行减压工作时有一定的泄漏量（约为1升/分），所以在设计时需要考虑这部分流量损失。

由于减压阀的动作有滞后，所以在换向阀换向的瞬间在减压阀的出口侧会产生约为调定压力二倍的峰压。由于减压阀不能反向通流，所以在必要时要在减压阀上并联单向阀。

图7所示为二级减压回路。在先导式减压阀P的控制油路上接入远程调压阀 P_1 。当换向阀在图示位置时，减压阀出口压力由P自己调定；当控制油路接通时，减压阀出口压力由 P_1 阀调定（ P_1 阀的调定压力较P阀低）。

增压（或增力）回路

增压回路用来提高系统中某一支路的压力。采用增压回路可以由较低的压力获得较高的压力。

图8所示为气-液增压回路，系统的动力源为压缩空气。油压力与空气压力之比为： $\frac{P}{P_1} = \frac{F}{F_1}$ ，如果 $\frac{F}{F_1} = n$ ，则油压力为空气压力之 n 倍。

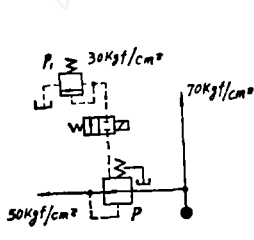


图7 二级减压回路

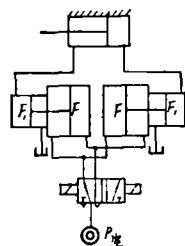


图8 气-液增压回路

图9所示为串联液压缸增力回路。当电磁铁1CT通电时，压力油经电磁换向阀流入液压缸A的左腔，推动活塞向右运动。此时液压缸B经单向阀C从油箱中吸油。当活塞运动到接触工件W以后，系统中的压力升高，打开顺序阀D，压力油流入液压缸B的左腔，这时两液压缸的总输出力为液压缸A输出力的 $\left(1 + \frac{F}{F_1}\right)$ 倍。

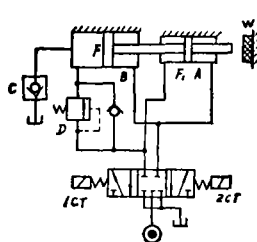


图9 串联液压缸增力回路

卸荷回路

对于断续工作的液压装置，在执行元件停止动作时或执行元件的动作不需要大流量时，应使液压泵排出的油全部（或部分）

在零压（或低压）下流回油箱，以减少功率损耗，减少液压泵磨损和系统发热。

图10所示为三位换向阀在中位时使液压泵卸荷的回路。如换向阀采用电-液换向阀，则应在液压泵出口处或在回油管处装一个开启压力为 $3 \sim 5 \text{ kgf/cm}^2$ 的单向阀，以保证在液压泵卸荷时仍能使液动换向阀换向。

图11所示为用一个二位二通换向阀D使液压泵卸荷的回路。这种卸荷方式的缺点是换向阀D的容量必须与液压泵的流量相适应。当泵的排油量很大时，这个阀的容量必须很大。

图12所示为用小型电磁换向阀控制先导型溢流阀使液压泵卸荷的回路。这种回路的卸荷压力取决于溢流阀主弹簧的硬度（一般为 $2 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$ ），这种卸荷方式在远距离控制时尤为方便。

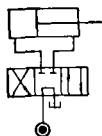


图10 用三位换向阀卸荷的回路

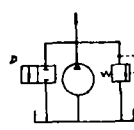


图11 用二位二通换向阀卸荷的回路

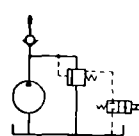


图12 用溢流阀卸荷的回路

图13所示为使双联泵中的低压泵B卸荷的回路。在机床、锻压机械等设备中，这种油路应用较广。如机床的进给部件，在快速移动时需要较低的压力和较大的流量，而加工过程中需要较高的压力和很少的流量。采用这种回路可使快速移动时二泵同时供油，工作进给时低压大流量液压泵卸荷。

图14所示为应用压力补偿变量泵的回

路。当回路的压力大于调定值时，液压系的压力补偿机构起作用，使液压系的排油量减少到维持油路压力所必要的流量。这是一种效率很高的回路，但成本较高。这种回路可以不装溢流阀，但作为回路的安全设施以装上溢流阀为好。

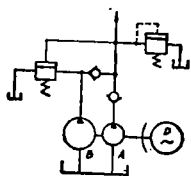


图 13 双联泵回路

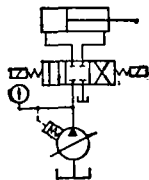


图 14 应用压力补偿变量泵的回路

图15所示为应用蓄能器的卸荷回路。当电磁铁1CT通电时，液压泵排出的油通过单向阀，换向阀流入液压缸无活塞杆腔，推动活塞向前运动。当活塞运动至终点后系统中的压力升高，液压泵向蓄能器充油。当压力升至压力继电器的调定值时，电磁铁3CT通电，控制溢流阀使液压泵卸荷。这种回路适用于在高压下只需极小流量的系统，如夹紧液压系统，或要求获得瞬时大流量的系统。

平衡回路

图16所示为采用平衡阀P的平衡回路，可防止活塞因自重而下落。图中平衡阀的开启压力应调整到大于立式液压缸活塞自重所形成的背压力。

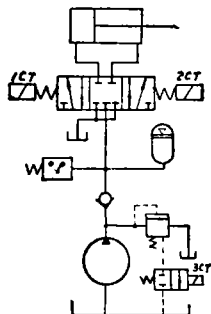


图 15 应用蓄能器的卸荷回路

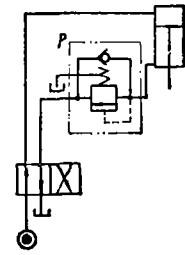


图 16 采用平衡阀的回路

动。当换向阀转换到图示(1)的位置时，平衡阀被控制压力油打开，背压消失，故这种系统效率较高。

速度(或流量)控制回路

在液压传动中主要采用改变流入执行元件（液压缸或液压马达）的流量的方法来实现对运动机构的速度调节。调速方法分以下三大类：

1.容积调速：通过改变液压泵输出流量的方法来实现液动机的速度调节的方法。其优点是系统效率高。

2.节流调速：采用定量泵供油，由节流阀（或调速阀）调节流入（或流出）液动机的流量来实现速度调节的方法。其优点是简单，可靠成本低。但其效率较低。

3.联合调速：采用变量泵供油，由节流阀（或调速阀）改变流入（或流出）液动机的流量，并控制泵的流量，使之与节流阀（或调速阀）的通过量相适应，从而实现速度调节的方法。这种调速方法效率较高。

节流调速回路

图18所示为一种进口节流回路。这种回路适用于正负荷的场合（即负荷与活塞运动方向相反的情况）。

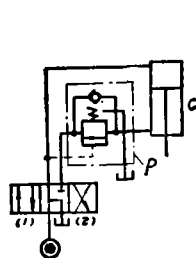


图 17 采用远程控制平衡阀的回路

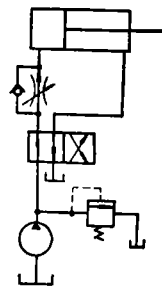


图 18 进口节流回路（一）

由于流入液压缸中的油量受节流阀（或调速阀）限制，多余的流量经溢流阀流回油箱，故功率损耗较大，并容易发热。为了防止功率损耗过大，溢流阀的调定压力不要超过液压缸工作所需压力过大。但应注意，若

采用调速阀，则在最大负荷时调速阀的进出口压力之差不应过小(小于 $5\sim 7\text{kgf/cm}^2$)，否则会引起调速阀工作的不稳定。

图19所示为另一种进口节流回路。在这个回路中采用溢流调速阀 Q 调速，由于液压泵的输出压力随负载而变，故功率损耗较小。

图20所示为一种出口节流回路。由于在工作时回油腔有背压，所以这种回路工作较平稳，能用于负荷方向有时为负的场合，(即负荷与活塞运动方向相同的场合)。

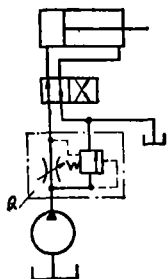


图 19 进口节流回路
(二)

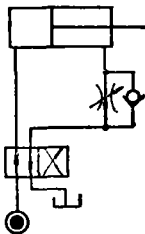


图 20 出口节流回路
(一)

这种油路的流量应调整得使液压缸的活塞经常受到背压的作用，这样当负荷突然减轻时活塞杆不会往前冲。使用这种回路时，活塞杆侧的压力会随负荷大小而变化，当活塞杆受到反向负荷或负荷很小时，由于活塞两侧的面积差会使背压比液压泵输出压力高。因而使用大直径活塞杆的场合，必须注意在活塞杆侧的元件和油路压力。

和图18所示进口节流回路的情况一样，这种出口节流回路的效率也较低。

图21所示为另一种出口节流回路。在这个回路中由于采用了外控溢流阀 P_2 ，使液压泵输出的压力随负载而变，故功率损失较少。图中溢流阀 P_1 作为安全阀使用。

图22所示为旁路节流回路。在这种回路中节流阀(或调速阀)安装在旁通油路中。在回路工作时，由于液压泵输出压力和负荷相应变化，因而损耗功率较小，效率较高。但由于负荷变化时，流过节流阀的流量，液

压泵的容积效率和电动机转速等均会发生变化，所以这种油路的速度不易调得正确。适用于负荷变化较小的系统。

图23所示为采用比例调速阀的回路。改变输入电流，即可控制流量。采用比例调速阀也可以组成进口，出口，旁路节流回路。

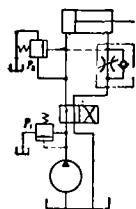


图 21 出口节流回路
(二)

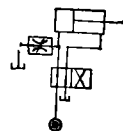


图 22 旁路节流回路

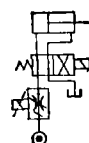


图 23 采用比例调速阀的回路

容积调速回路

容积调速回路是改变液压泵或马达的工作容积(即排量)来实现调速的回路。这种调速方法的效率较高，适用于大功率系统。但须有较复杂的变量液压泵及马达。

容积调速回路有开式和闭式之分。根据所采用的泵和马达的型式，又可分为变量泵调速回路，变量马达调速回路及变量泵-变量马达调速回路。

图24所示为变量泵调速回路，其执行元件可以是液压缸(见a图)，也可以是定量液压马达(见b图)。回路最高压力由溢流阀所限定。调节变量泵的排量，即可改变执行元件的速度。液压泵的输出压力，取决于执行元件的负载，若负载一定，则 p 不变，液压马达的输出扭矩，或液压缸的输出力也不变。所以这种回路又称为恒扭矩或恒输出力回路。

图25所示为变量马达调速回路。在这种回路中，由于液压泵排量 q_1 不变，液压马达排量 q_2 可调。所以液压马达的转速 n_2 与其排量 q_2 成反比，液压马达的输出扭矩 M_2 与其排量 q_2 成正比。在液压泵输出压力 p 不变时，功率 N 保持恒定。因此这种回路称为恒功率回路。

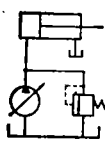


图 24 变量泵调速回路

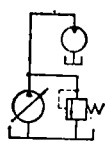


图 25 变量马达调速回路

图26所示为变量泵-变量马达调速回路。当调整变量泵和变量马达的排量时，均可改变液压马达的转速，所以这种回路的调速范围较大。图中溢流阀6、7起过载保护作用。补油泵1用以向回路内补油，其压力由溢流阀8调定（通常为8~10 kgf/cm²），其流量为主泵2的10%左右。

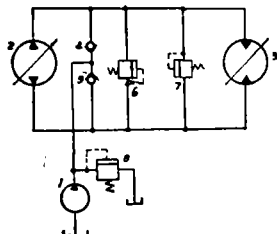


图 26 变量泵-变量马达调速回路
1—补油泵；2—变量泵；3—变量马达；
4、5—单向阀；6、7、8—溢流阀

图27所示为分级调速回路。改变并联工作的液压泵的供油和卸荷状态，便可获得若干速度分级。这种调速回路具有结构简单，工作可靠的特点。图中三泵的流量比为1:2:4。

容积-节流调速回路

容积调速回路虽然具有效率高，发热少的优点，但也存在速度随负载的增加而下降的缺点。为此可采用容积-节流调速回路。

图28所示为由限压式变量泵和调速阀组成的容积-节流调速回路。根据限压式变量泵的特性，当泵的工作压力超过某一值后，其流量随压力的升高而降低。在这种回路中液压泵的输出流量 Q_p 一定等于通过调速阀的流量 Q_c 。如果 $Q_p > Q_c$ ，就一定会引起回路的压力升高，在反馈机构的作用下，使液压泵的排量减小，达到 $Q_p = Q_c$ 。反之如

$Q_p < Q_c$ ，则回路压力下降，在反馈机构的作用下，使液压泵的排量增大，达到 $Q_p = Q_c$ 。这种回路中无溢流阀，所以效率高，同时因采用了调速阀，故液压缸的速度与负载无关。

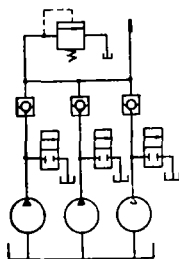


图 27 分级调速回路

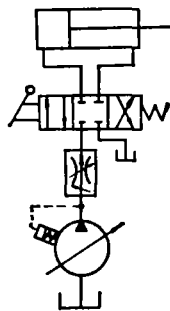


图 28 容积-节流调速回路（一）

图29所示为由差压式变量泵和节流阀组成的容积-节流调速回路。当二位二通换向阀D处在图示断开位置时，如减小节流阀Q的开口量，就会引起阀前后压差的增大，并通过泵的变量活塞，使泵的流量减少。反之，则流量增大。当负荷变化时，液压泵自动变量，以保持压差和流量恒定。阀D处在接通位置时，压差为零，流量最大，执行元件快速运动。图中溢流阀P作安全阀用。

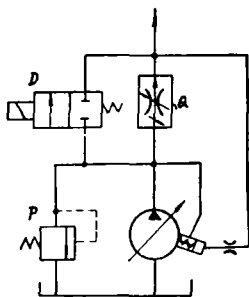


图 29 容积-节流调速回路（二）

速度变换回路

1. 增速回路

有些液压设备在一个工作循环中只是部分时间要求较高的速度，在这种情况下可以采用增速回路。采用增速回路可用较小流量的液压泵获得较高的速度。

图30所示为采用蓄能器的增速回路。当

液压缸快速移动时液压泵和蓄能器同时向液压缸供油。液压缸不工作时，液压泵给蓄能器充油。这种回路适用于瞬时需要大流量的场合。

图31为采用差动连接实现液压缸增速的一种回路。在差动连接的情况下，由于液压缸有活塞杆腔的油，与液压泵排出的油一起流入液压缸的无活塞杆腔，所以可实现增速。但差动连接以后，液压缸的输出力却相应地减小，所以当负荷较大时不宜采用这种回路。

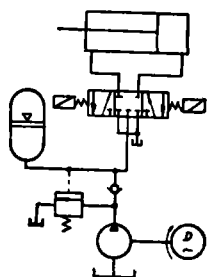


图 30 采用蓄能器的增速回路

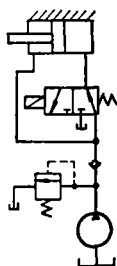


图 31 采用差动连接的回路

图32所示为采用辅助液压缸实现增速的液压机回路。当换向阀处于位置(1)时，泵输出的油液进入辅助缸，由于辅助缸的活塞面积较小，故以快速推动主活塞和压头下降。主活塞下降时，从液压机的顶置油箱吸油。当压头接触工件后，系统压力升高，使顺序阀Ⅰ打开，压力油进入主液压缸（此时液控单向阀Ⅱ在压力作用下关闭），由于主活塞面积很大，故能产生很大的压力加工工

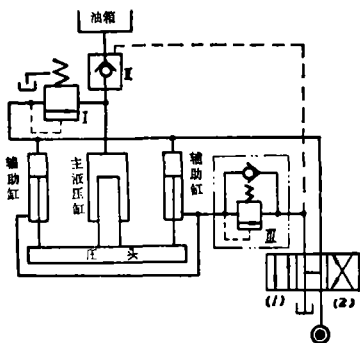


图 32 采用辅助液压缸增速的液压机回路

件。当换向阀处于位置(2)时，油液进入辅助液压缸的有活塞杆腔，使主活塞及压头上升，同时压力油使液控单向阀Ⅱ打开，使主液压缸中的油液流回顶置油箱。图中阀Ⅲ为背压阀。

2. 减速回路

图33所示为采用行程阀的减速回路。当活塞右行时，在活塞杆上的撞块碰到行程阀之前，活塞快速运动。当撞块压住行程阀后，回油受节流阀控制，使活塞作慢速进给。

图34为采用特殊结构的液压缸使活塞速度在行程一端减速的回路。当活塞右行时，在活塞上的孔未插入与之配合的A之前，回油直接流回油箱，故快速前进。当前进到A插入孔中后，因回油只能经调速阀回油箱，故活塞慢速进给。A的长度可按需要确定。

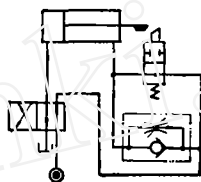


图 33 采用行程阀的减速回路

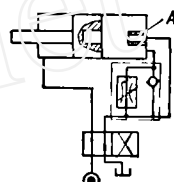


图 34 采用特殊结构液压缸的减速回路

3. 二次进给回路

有些液压设备，如组合机床的进给液压部件，有时要求有两种进给速度：第一进给和第二进给。其中第一进给的进给量较大，大多用于粗加工；第二进给的进给量较少，大多用于精加工或半精加工。

图35为调速阀串联的二次进给回路。调速阀A调节第一进给的速度，调速阀B调节第二进给的速度。电磁阀C用来实现第一进给和第二进给的转换。这种回路的第二进给速度只能小于第一进给的速度。

调速阀并联时，第二进给的速度可以不受第一进给速度的影响。图36a)所示为调速阀并联的二次进给回路。在这种回路中，当一个调速阀工作时，另一个调速阀的出口是封死的（即没有流量），这会使这个调速

阀中的减压滑阀（也称压差保持阀）处于开口最大的位置。所以当换向阀C换向时，通过调速阀的流量会在开始的瞬间过大，引起进给部件的突然前冲。图36b)所示的调速阀并联回路，由于两个调速阀始终处于工作状态，所以在第一进给向第二进给的转换过程中，不会出现进给部件的前冲现象。但因有一定流量通过调速阀直接流回油箱，具有能量损失，所以在进给速度较大时不宜采用这种回路。

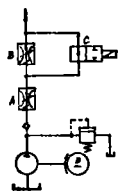
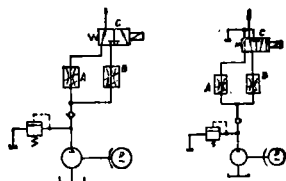


图 35 调速阀串联的二次进给回路



(a) (b)
图 36 调速阀并联的二次进给回路

微小流量控制回路

如机床等设备，对进给部件的速度控制是有严格要求的。因为进给速度不稳定不仅会降低工件的加工精度，而且会增加刀具的磨损，降低机床本身的精度。为了实现小进给量可以采用以下方法：

1. 加大液压缸直径；
2. 利用两个调速阀的流量差实现较小的稳定进给量（见图37）。

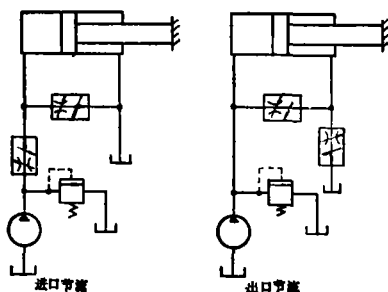


图 37 利用两个调速阀的流量差实现小进给量
a)进口节流；b)出口节流

3. 应用微量进给调速阀

流量为50厘米³/分以下的进给速度称为微量进给。但当调速阀的通过量很小时，会

使调速阀中的压差保持阀的工作不稳定。为了使调速阀在小流量的情况下保持正常的工作，可采用使通过节流阀的流量较小，通过压差保持阀的流量较大的方法。

图38所示为根据这种想法设计出的微量进给调速阀的原理图。其中图38a)为用于出口节流的情况，图38b)为用于进口节流的情况。

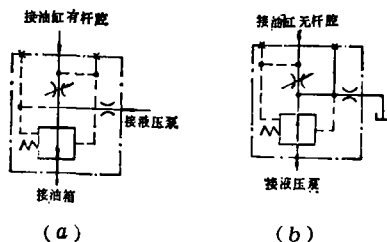


图 38 微量进给调速阀的原理图

4. 采用液压马达-丝杠传动系统

液压传动的优点之一是容易实现无级调速。但机械传动系统的刚性较好。液压马达-丝杠传动集中了液压传动和机械传动的优点，可消除油的压缩性对进给稳定性的影响，适用于小进给量情况下的无级调速。

图39所示为一种进口节流的液压马达-丝杠传动的液压回路图。

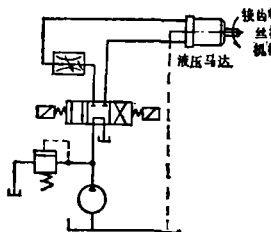


图 39 液压马达-丝杠传动的原理图

5. 采用计量阀

计量阀又称计量泵，适用于微小流量的控制。它与作为压力油源的供油泵不同，在系统中只起控制流量的作用。

采用计量阀的调速系统，就其局部回路（即调速回路）来看，属于容积调速，就整个系统来看，又和节流调速系统相类似，故可归入联合调速一类。

图40a)所示为一种计量阀的结构简图。电动机通过传动轴1带动供油齿轮泵2和计量阀的配油转阀3旋转，齿轮泵排出的压力油经配油转阀流入小柱塞4的前腔或后腔，并

从出口输出流量。改变柱塞行程的大小或改变转阀的转速，即可调节通过计量阀的流量。关于计量阀的较详细的工作原理，请参阅参考资料3)。图40b)所示为可调式计量阀的图形符号。

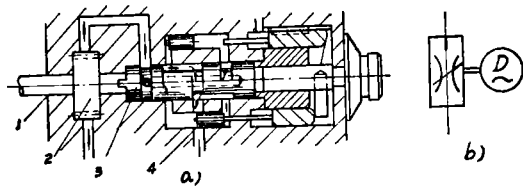


图 40 计量阀
a)结构简图；b)图形符号

图41所示为一种应用计量阀的调速回路。工作进给时，液压泵排出的压力油经换向阀D和计量阀Q，进入液压缸左腔，推动活塞前进，进给速度由计量阀调节。反向退回时，因计量阀Q和背压阀P上并联的单向阀导通，所以液压缸快速退回。

换 向 回 路

液压系统的换向回路用来控制系统中油流的方向，以改变执行元件（液压缸和液压马达）的运动方向。换向回路有阀控换向回路（这种回路在前面已出现过很多）和泵控换向回路（如图26所示的用双向变量泵控制液压马达转向的回路）。但绝大多数液压系统都为阀控换向回路。在换向回路中所采用的换向阀根据其机能，结构和操作方式可大致作如下分类：

按 中 位 时 的 机 能 分	<div> </div> <div> O型 P型 H型 Y型 M型 </div>
按 结 构 分	滑阀式、转阀式
按 操 作 方 式 分	手动、机动、电动、液动、电-液动

自动换向回路

图42所示为用活塞杆上的撞块碰撞行程开关或用系统中的压力继电器来控制电磁阀的换向回路。

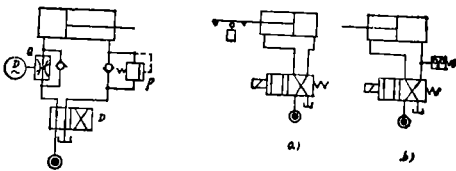


图 41 一种应用计量
阀的调速回路

图 42 用电磁换向阀的
换向回路

图43所示为采用电-液换向阀的换向回路。由于电-液换向阀是用较小的电磁阀来控制容量较大的液动换向阀，所以可用于大流量的系统，而且电-液换向阀换向速度的快慢可用控制油路中的单向节流阀来调节，所以这种油路在换向时的冲击较小。电-液换向阀的简化画法如图42b)所示。

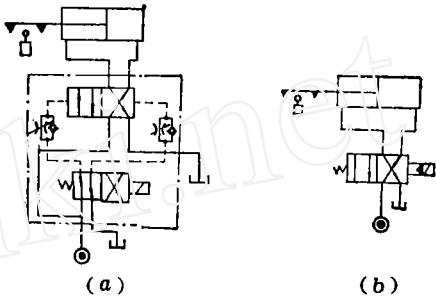


图 43 采用电-液换向阀的换向回路

图44所示为一种机械-液压操纵换向回路。它利用液压缸活塞杆上的撞块，在往复行程的两端拨动机动两位四通转阀3，再由阀3输出的压力油操纵液动二位四通阀2实现自动连续往复运动。图中电磁换向阀1用来使系统卸荷，当它在图示位置时液压泵卸荷，液压缸停止运动。

串联和并联回路

当用一个泵驱动多个执行元件时，各执行元件在油路中的联接可以采用串联或并联回路。

图45所示为串联回路，其特点是当各执行元件的负荷不大时，它们可以同时动作，而且能获得较高的动作速度。但当各执行元件的外负荷很大时，要同时动作就有困难。

图46所示为并联回路，这种回路允许多个执行元件同时动作，但当几个执行元件的

负荷不等时, 为保证其同时动作, 就需在负荷较轻的支路上用换向阀适当节流。

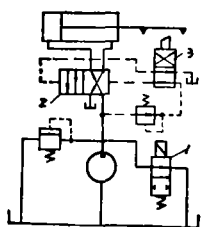


图 44 机械-液压操纵换向回路

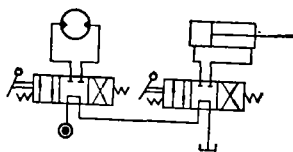


图 45 串联回路

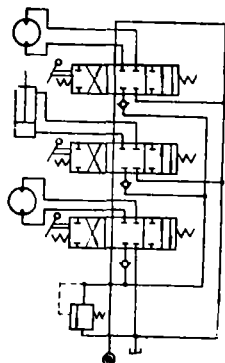


图 46 并联回路

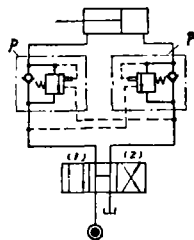


图 47 用制动阀制动的回路

其它回路

制动回路

为使液压缸和液压马达迅速停止下来, 除了可采用换向阀进行换向制动外, 还可采用制动回路来实现。

图47所示为用制动阀制动的回路。制动阀P有一条外控油路和一条自控油路, 当换向阀处在位置(1)、(2)时, 由于外控油路中压力油的作用, 使制动阀不起作用, 当换向阀回到中位时, 制动阀使回油腔产生一个预调的背压, 使液压缸迅速被制动。

图48所示为用溢流阀制动的回路, 当阀D在位置(1)时, 液压马达正常工作。D在位置(2)时泵卸荷, 马达回油侧因溢流阀P₁的背压而被制动。

缓冲回路

为了消除液压冲击, 除了可以在液压元件的结构上采取一些措施(如在液压缸中设

置缓冲装置, 在换向阀的阀芯上开槽或倒角以及采用电-液换向阀等)外, 还可以采用以下缓冲回路。

图49所示为采用行程减速阀的缓冲回路, 当液压缸中的活塞快速运动到指定位置后, 活塞杆上的撞块压下行程阀的阀芯, 把行程阀的通路堵死, 压力油需经节流阀流出液压缸, 从而使液压缸的运动速度减慢。

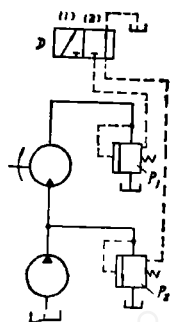


图 46 用溢流阀制动的回路

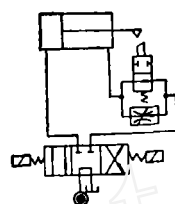


图 49 采用行程减速阀的缓冲回路

图50所示为采用安全阀的缓冲回路, 在这种回路的执行元件进出口油路上设置灵敏的小型直动式安全阀, 以消除活塞在行程中停止或换向时出现的液压冲击。安全阀的调定压力应超过最高工作压力5~10%, 图中单向阀作补油用。

此外, 还有采用皮囊蓄能器的缓冲回路(见图51)等。

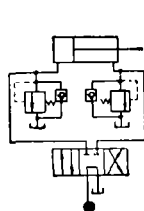


图 50 采用安全阀的缓冲回路

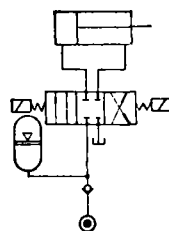


图 51 采用蓄能器的缓冲回路

锁紧回路

这是一种为使液压缸在任意位置停止和防止液压缸在负载或其它外力作用下, 产生窜动的回路。

图52所示为应用M型(或O型)三位四

通换向阀的锁紧回路。这种回路可将活塞锁紧在其行程的任何位置上。但因滑阀式阀总有一些内部泄漏，因此在外载荷作用下会产生微量窜动。所以这种回路适用于定位精度要求较低，外载荷较小，停留时间较短的场合。

图 53 所示为采用液控单向阀的锁紧回路，由于液控单向阀是锥面密封，泄漏量很少，所以定位较可靠。a)图中立式液压缸下腔油路中串联的液控单向阀，可防止活塞在自重作用下自行下滑。油路中串联的单向节流阀，用于调速，并能防止活塞下行时的冲击。b)图中的两个液控单向阀，可将活塞锁紧在行程的任何位置。这两个液控单向阀有时装在一起称为双向液控单向阀（或液压锁）。

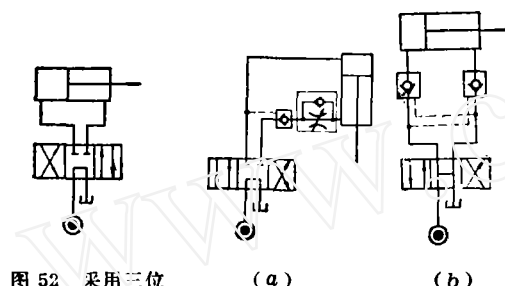


图 52 采用三位四通换向阀的锁紧回路

(a) (b)
图 53 采用液控单向阀的锁紧回路

同步回路

在有些液压设备中，要求两个或两个以上的液压缸（或液压马达），不受负载的影响而保持相同（或某一确定比例）的位移或移动速度，实现这种要求的液压回路就称为位置同步或速度同步回路，统称同步回路。由于负载、泄漏、元件的制造精度、摩擦阻力等因素的影响，要使各执行元件完全同步是困难的。所以在满足机器要求的同步精度的条件下，对系统的同步精度不应提出过高的要求。下面介绍几种常用的同步回路。

图 54 所示为活塞杆机械固结的同步回路，这是一种最简单的同步方法。在要求同步精度不高，两边负载之差和行程较小的系

统中，可以采用这种方法。

图 55 所示为串联液压缸的同步回路。它是将 2 个行程相同，尺寸相同的双活塞杆液压缸串联而成的同步回路。由于液压缸是串联的，所以在相同负载的情况下，压力应增加一倍。

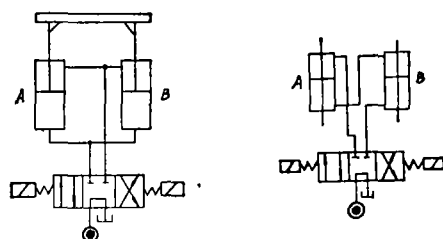


图 54 活塞杆机械固结的同步回路

图 55 串联液压缸的同步回路

图 56 所示为采用了二个机械固结的，具有相同排量的液压马达，向两液压缸供油的同步回路。

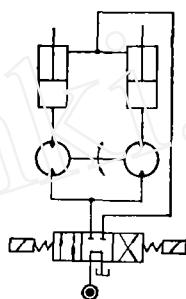
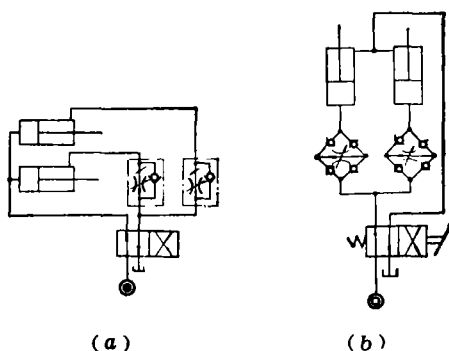


图 56 由机械固结液压马达供油的液压缸同步回路

图 57 所示为应用调速阀来实现液压缸（或液压马达）同步的回路。由于它结构简单、造价低廉、调速阀有成品购买，所以是目前采用较多的一种同步回路。



(a)

(b)

图 57 应用调速阀的同步回路

注：a) 为两缸的右行时的速度同步回路

图 58 所示为应用二个机械固结的排量相同的液压泵，在相同转速下分别向二个液压缸供油的同步回路。

图59为采用分流阀的同步回路。分流阀或分流集流阀是一种能随着液压缸负载的变化自动改变其内部节流口的开度,以保证流量分配相等或为一定比例关系的阀类。

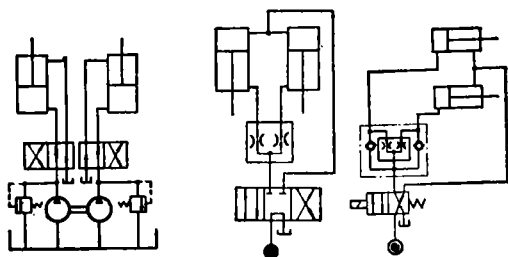


图 58 应用同轴等排量系供油的同步回路

(a) (b)
图 59 采用分流阀的同步回路

图59a)所示为应用分流集流阀的双向同步回路。图 59b)所示为应用一个带二个单向阀的分流阀的单向同步回路。

前面已经讲过,由于各种因素的影响,所有同步回路都不可避免地会产生误差,为了消除误差,特别是防止误差的积累,在有些同步系统中有必要增设补偿回路(或机构)。由于篇幅限制这里不再介绍。

顺序动作回路

当用同一个液压源驱动几个执行元件,而这些执行元件的运动又要求按一定的顺序动作时(如转台的抬起与回转,工件的定位与夹紧等),可以采用顺序动作回路。

图60所示为用顺序阀的顺序动作回路。当换向阀的电磁铁 1 CT 通电时,液压缸 A 的活塞先移动,到达行程终点后,压力升高顺序阀 d 打开,使液压缸 B 运动。当 2 CT 通电时,液压缸 A、B 退回,完成一个工作循环。

顺序阀只能单方向起作用,所以需要和单向阀并联。

这种顺序动作回路的可靠性在很大程度上取决于顺序阀的性能和调定压力。为了保证严格的动作顺序,应使顺序阀的调定压力高于先移动液压缸最大压力 $8 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$ 。这个值不能太小,否则顺序阀可能会在外载荷等干扰影响下打开,影响系统工作的可靠

性。所以这种回路适用于液压缸数目不多,负载变化不大的场合。

图61所示为用电行程开关和电磁换向阀实现顺序动作的回路。其动作过程为:按下起动按钮,电磁阀 1 通电,液压缸 A 的活塞前进,到达右端时触动行程开关 b,使电磁阀 2 通电,液压缸 B 的活塞前进,当到达右端时触动行程开关 c,使电磁阀 1 断电,液压缸 A 的活塞退回,到达左端时触动行程开关 a,使电磁阀 2 断电,液压缸 B 的活塞退回,完成一个工作循环。采用这种回路能保证严格的动作顺序。

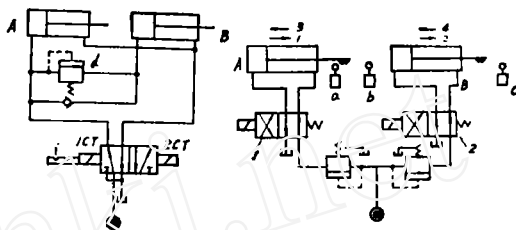


图 60 采用顺序阀的顺序动作回路

图 61 采用电行程开关控制的顺序动作回路

除此之外还有采用压力继电器的顺序动作回路和采用行程阀的顺序动作回路等。

由于篇幅的限制,本文不可能对液压系统基本回路作更详细的介绍。另外,像蓄能器,滤油器,油冷却器等的基本回路,已在本刊发表的有关文章中介绍过了,所以本文不再重复。

参 考 资 料

- [1] 机械工程手册、电机工程手册编辑委员会编,机械工程手册,第34篇液压传动,机械工业出版社。
- [2] 大连组合机床研究所编,组合机床设计,第二册液压部分,机械工业出版社,1977年11月第二版。
- [3] 叶橡栋,液压油的污染与过滤,《液压与气动》1978年第1期。
- [4] [美]Abduz Zahid著,齐株译,蓄能器及其应用,《液压与气动》1976年试刊。
- [5] 叶芽译,液压系统的过滤,《液压与气动》1977年第1期。
- [6] 盛君豪,油冷却器,《液压与气动》1979年第2期。