

7.1 压力控制回路

7.2 速度控制回路

7.3 方向控制回路

7.4 多执行元件控制回路

7.5 其它回路

- ▶ 液压基本回路是为了 实现特定的功能把有关的液压元件组合起来的典型油路结构，它是组成任何液压系统的基础。

主要包括：

- 1、压力控制回路
- 2、速度控制回路
- 3、方向控制回路
- 4、多执行元件回路
- 5、其它回路

### 7.1 压力控制回路

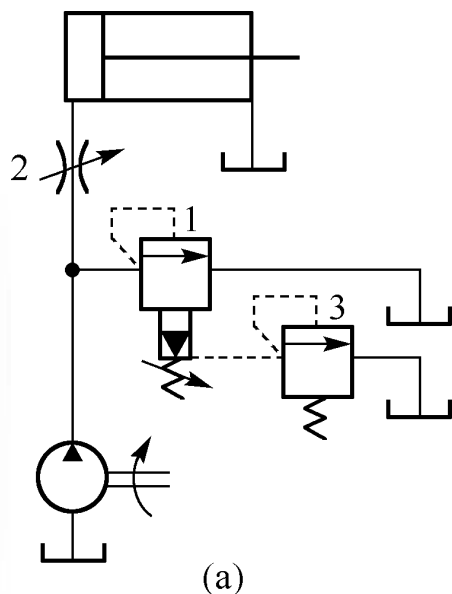
- 压力回路 控制液压系统整体或局部的压力，以满足执行元件对 **力或转矩** 的要求。主要包括：
  - 调压回路
  - 减压回路
  - 增压回路
  - 卸荷回路
  - 平衡回路
  - 保压回路

### 7.1 压力控制回路

#### ■ 1 调压回路

- 功用 调定和限制液压系统的压力恒定或不超过某个数值。一般用溢流阀来实现这一功能。
- 单级调压回路

当改变节流阀**2**的开口来调节液压缸速度时，溢流阀**1**始终开启溢流，使系统工作压力稳定在溢流阀**1**调定的压力附近，溢流阀**1**作定压阀用。



### 7.1 压力控制回路

#### 1 调压回路

##### • 多级调压回路

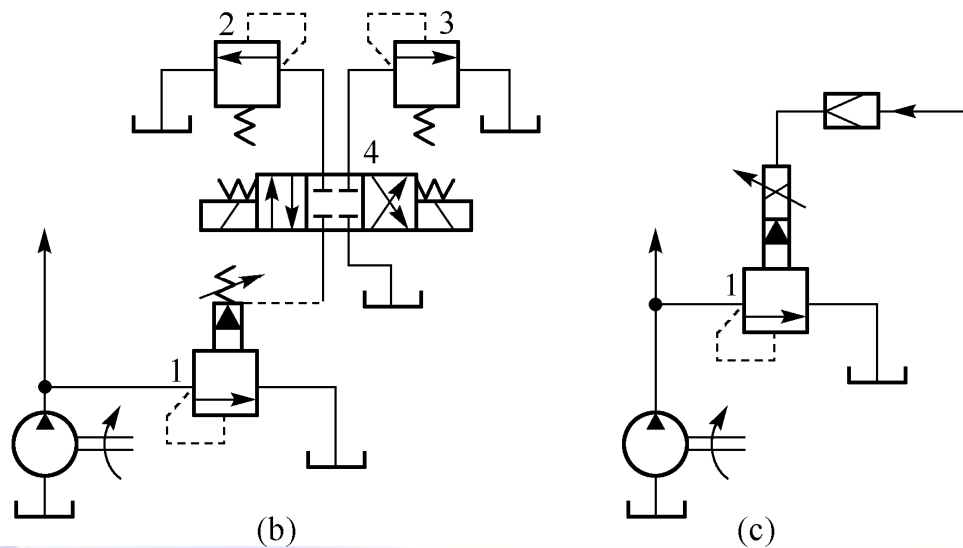
由先导型溢流阀、远程调压阀和电磁换向阀组成。

(b) 图所示

##### • 无级调压回路

通过改变电液比例溢流阀的输入电流来实现压力调整。(c) 图所示

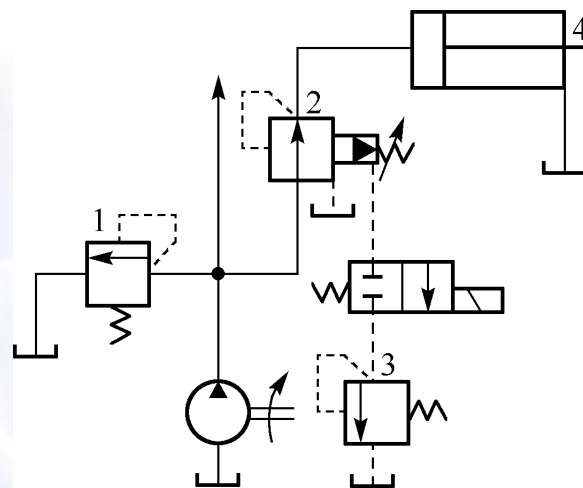
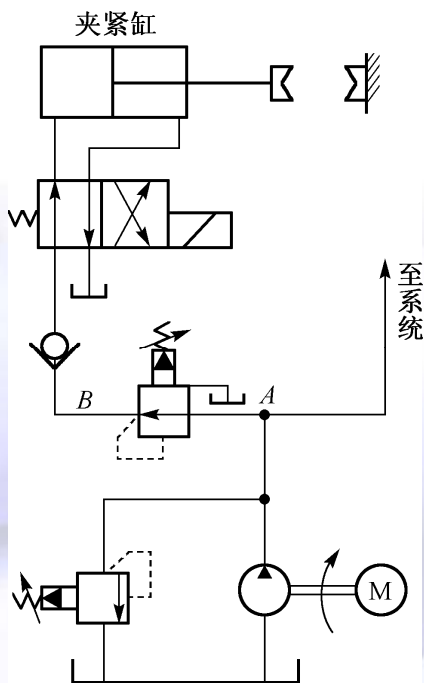
✓ 利用先导型溢流阀遥控口远程调压时，主溢流阀的调定压力必须大于远程调压阀的调定压力



### 7.1 压力控制回路

#### ■ 2 减压回路

- 有单级减压、多级减压、无级减压。

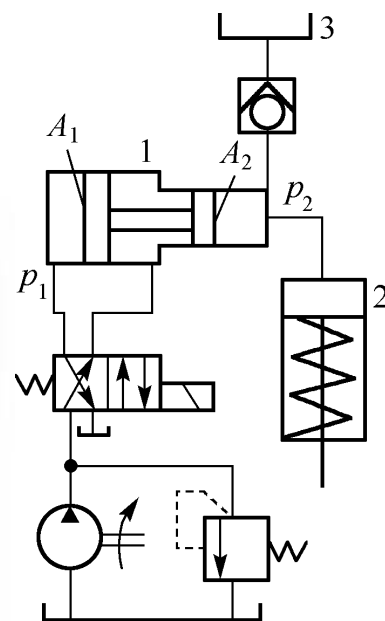


### 7.1 压力控制回路

#### ■ 3 增压回路

增压回路的功能在于提高系统中局部油路中的压力，能使局部压力远远高于油源的压力。

右图是使用单作用  
增压器的增压回路

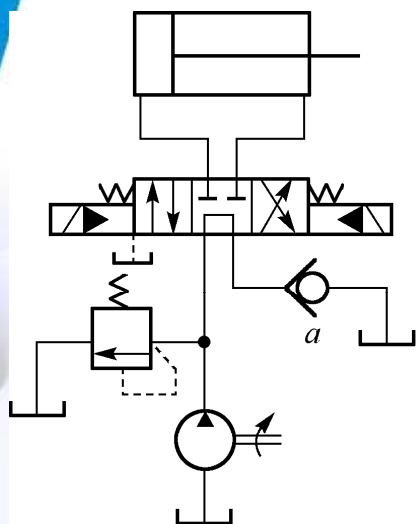




### 7.1 压力控制回路

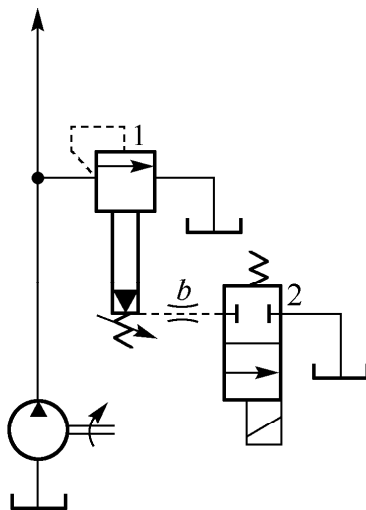
#### ■ 4 卸荷回路

- 功用 在执行元件短时间不工作时，不频繁启动原动机而使泵在很低压力下运转，以减少功率损失和系统发热。



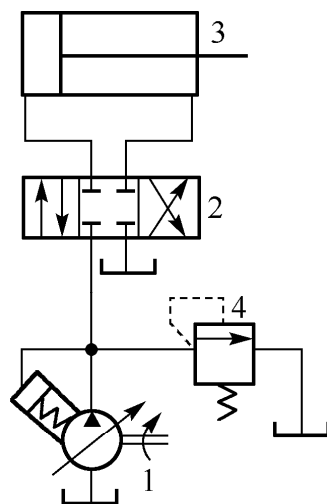
(a)

用换向阀中位机能的卸荷回路



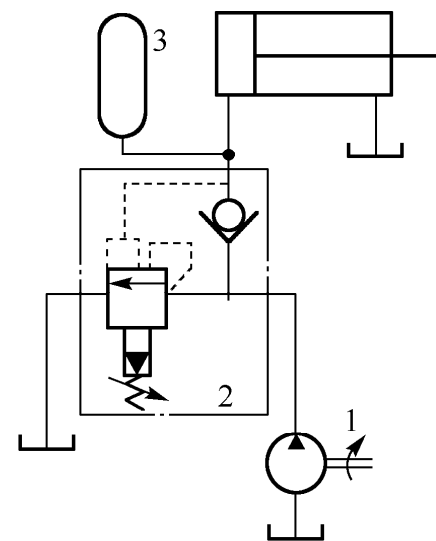
(b)

用先导型溢流阀的卸荷回路



(c)

限压式变量泵的卸荷回路



(d)

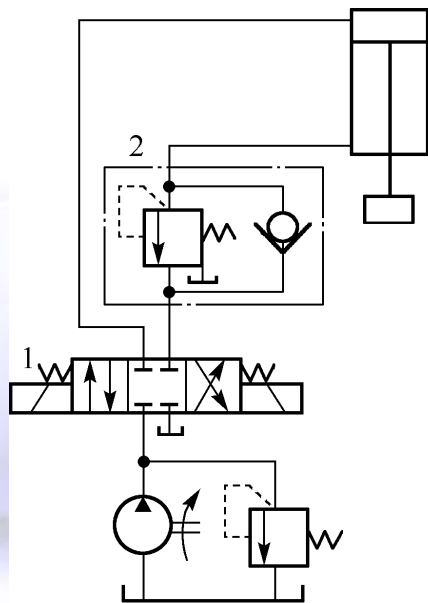
用蓄能器的卸荷回路



### 7.1 压力控制回路

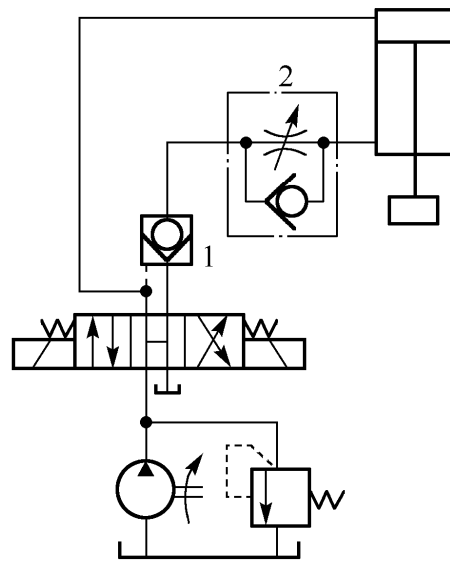
#### ■ 5 平衡回路

- 功用 使立式液压缸的回油路保持一定背压，以防止运动部件在悬空停止期间因自重而自行下落，或自重超速失控。



(a)

使用单向顺序阀的平衡回路



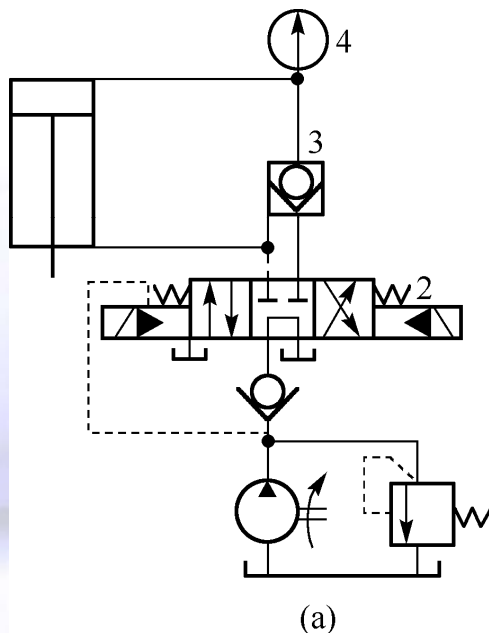
(b)

使用液控单向阀的平衡回路

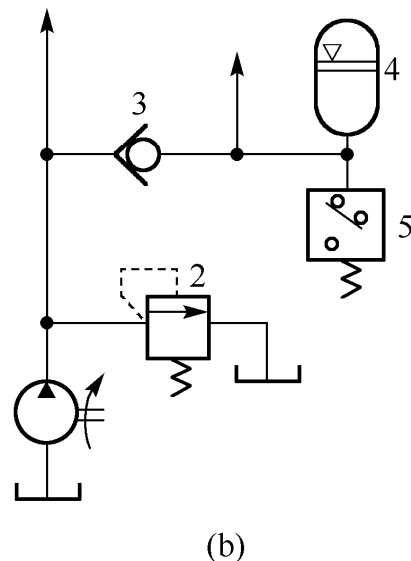
### 7.1 压力控制回路

#### ■ 6 保压回路

- 功用 使系统在缸不动或微小位移的工况保持稳定不变的压力。保压性能有两个指标：保压时间和压力稳定性。



(a) 用液控单向阀的保压回路



(b) 用蓄能器的保压回路

### 7.2 速度控制回路

- 速度控制回路 控制液压执行元件 速度的调节和变换 的问题。主要包括：
  - 调速回路—调节执行元件运动速度的回路。
  - 快速运动回路—使执行元件快速运动的回路。
  - 速度换接回路—变换执行元件运动速度的回路。

### 7.2 速度控制回路

#### ■ 1 调速回路

➤ 调节执行元件的工作速度，可以改变输入执行元件的流量或由执行元件输出的流量；或改变执行元件的几何参数。

- 液压缸的速度  $v = q / A$
- 液压马达的转速  $n = q / v_m$

#### 三种调速方式：

- 1、对于定量泵供油系统，可以用节流调速回路；
- 2、对于变量泵（马达）系统，可以容积调速回路；
- 3、同时调节泵的排量和流量控制系统，可用容积节流调速回路

### 7.2 速度控制回路

#### ■ 1 调速回路

##### 节流调速回路

- 回路组成：定量泵，流量控制阀（节流阀、调速阀等），溢流阀，执行元件。其中流量控制阀起流量调节作用，溢流阀起压力补偿或安全作用。

按流量控制阀安放位置的不同分：

进油节流调速回路 流量控制阀串联在液压泵与液压缸之间。

回油节流调速回路 流量控制阀串联在液压缸与油箱之间。

旁路节流调速回路 流量控制阀安装在液压缸并联的支路上。

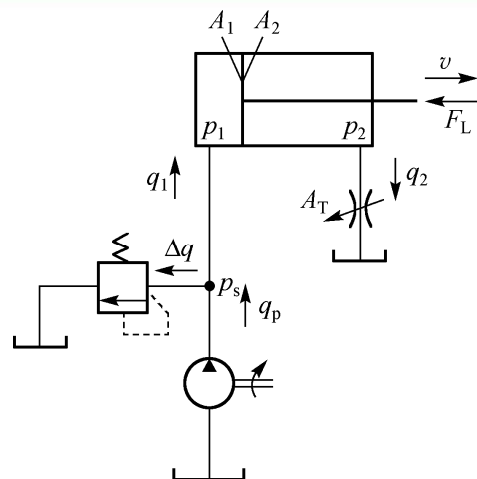
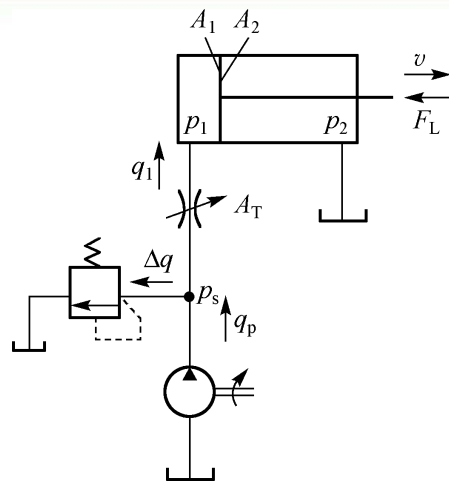
重点分析节流调速回路的速度负载特性、功率特性。

### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 节流调速回路

(1) 进、回油节流调速回路



流量连续性方程

$$\bullet \quad q_p = q_1 + \Delta q$$

$$\bullet \quad q_p = q_1 + \Delta q$$

活塞受力平衡方程

$$\bullet \quad p_1 A_1 = F$$

$$\bullet \quad p_p A_1 = p_2 A_2 + F$$

节流阀压力流量方程

$$\bullet \quad q_1 = K A_T \Delta p^{1/2} \\ = K A_T (p_p - F/A_1)^{1/2}$$

$$\bullet \quad q_2 = K A_T p_2^{1/2} \\ = K A_T (p_p A_1/A_2 - F/A_2)^{1/2}$$

速度负载特性方程

$$\bullet \quad v = q_1/A_1 \\ = K A_T (p_p - F/A_1)^{1/2}/A_1$$

$$\bullet \quad v = q_2/A_2 \\ = K A_T (p_p A_1/A_2 - F/A_2)^{1/2}/A_2$$

功率特性方程

$$\eta = \frac{P_p - \Delta P}{P_p} = \frac{p_L q_L}{p_s q_p}$$

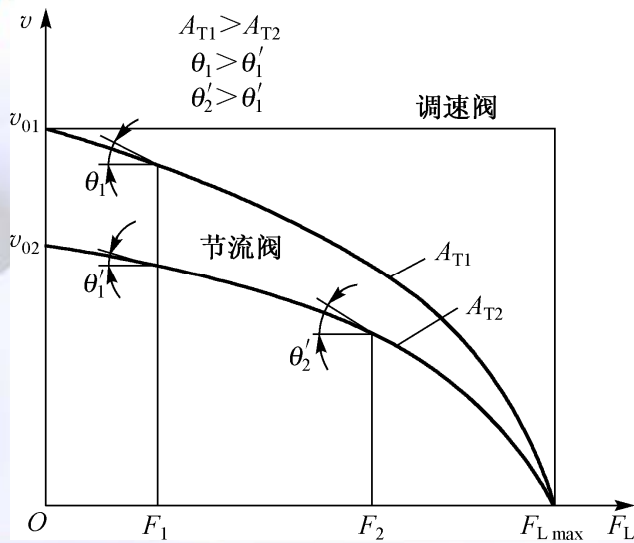
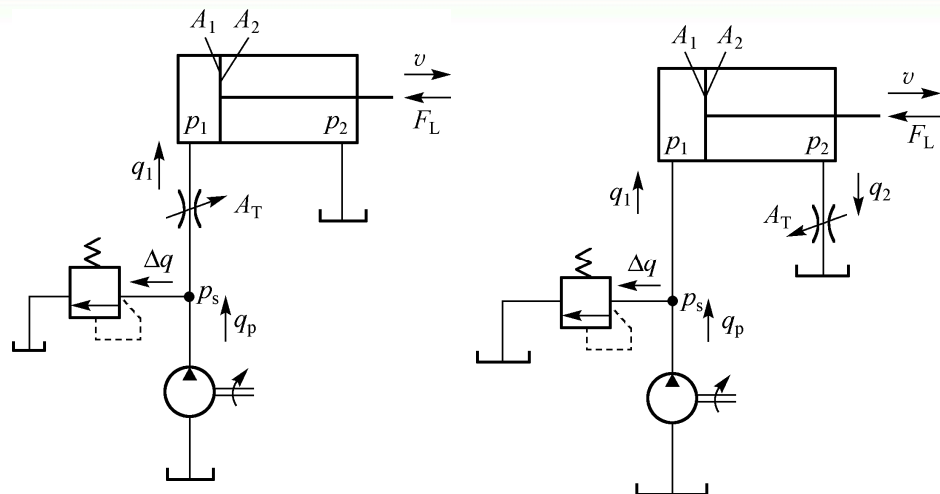


### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 节流调速回路

##### (1) 进、回油节流调速回路



速度负载特性方程

$$v = q_1 / A_1 = K A_T (p_p - F/A_1)^{1/2} / A_1$$

$$v = q_2 / A_2 = K A_T (p_p A_1 / A_2 - F/A_2)^{1/2} / A_2$$

功率特性方程

$$\eta = \frac{P_p - \Delta P}{P_p} = \frac{p_L q_L}{p_s q_p}$$



### 7.2 速度控制回路

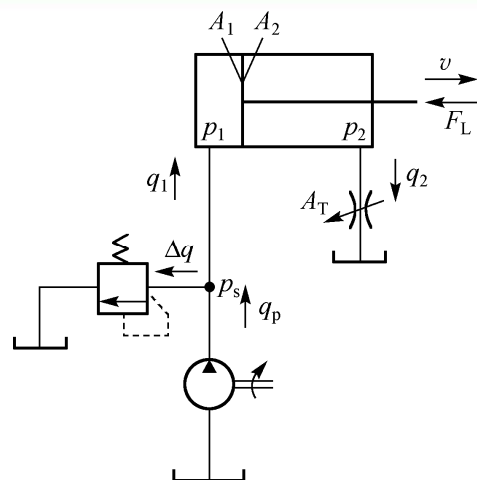
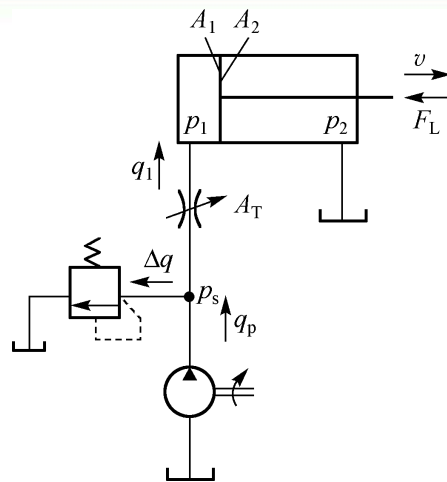
#### 1 调速回路

##### 节流调速回路

##### (1) 进、回油节流调速回路

##### 性能差异

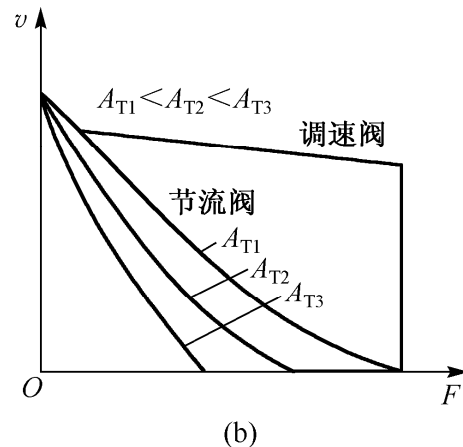
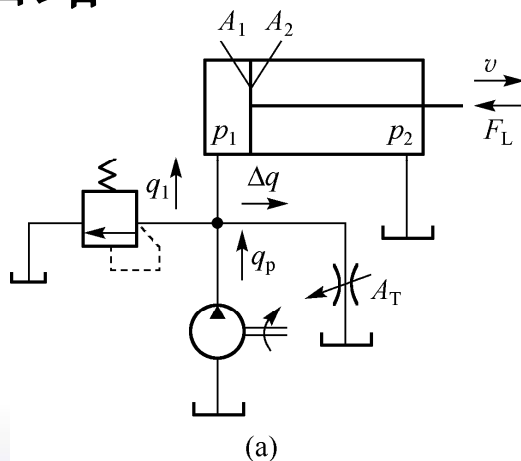
- 承受负值负载的能力
- 运动平稳性
- 油液发热对泄漏的影响
- 取压力信号实现程序控制的方法
- 启动性能



### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路 节流调速回路

##### (3) 旁路节流调速回路



- 溢流阀关闭，起安全阀作用。

速度负载特性方程

$$v = \frac{q_1}{A_1} = \frac{q_{pt} - \Delta q_p - \Delta q}{A_1} = \frac{q_{pt} - \lambda_p \left(\frac{F_L}{A_1}\right) - K_L A_T \left(\frac{F_L}{A_1}\right)^{1/2}}{A_1}$$

功率特性方程

$$\eta = \frac{P_p - \Delta P}{P_p} = \frac{p_L q_1}{p_L q_p} = \frac{q_1}{q_p}$$

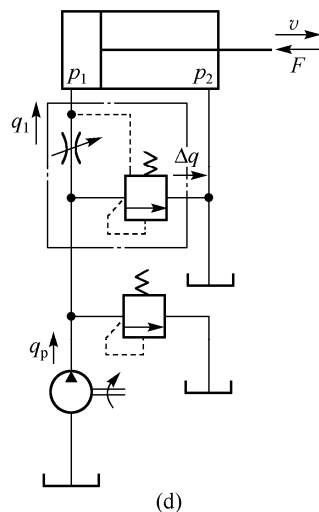
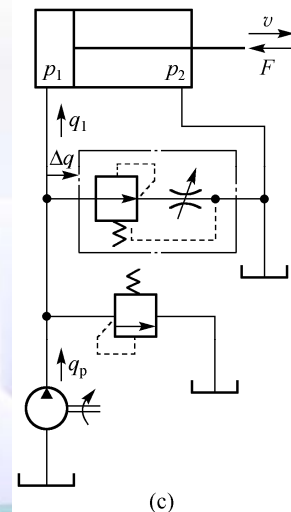
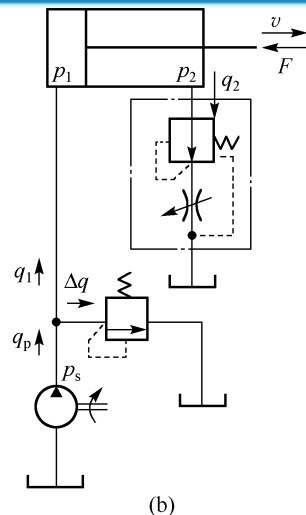
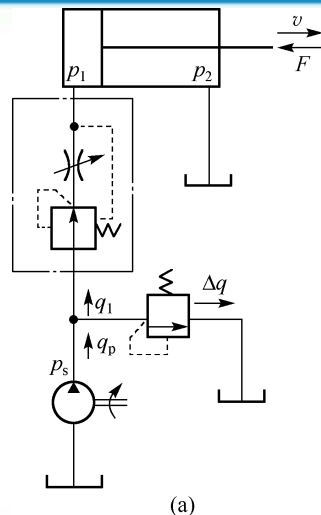
### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 节流调速回路

改善节流调速负载特性的回路

- ◆ 当负载变化时，因节流阀前后压力差变化，通过节流阀的流量均变化，故回路的速度负载特性比较差。若用**调速阀代替节流阀**，回路的负载特性将大为提高。
- ◆ 调速阀可以装在回路的进油、回油或旁路上。负载变化引起调速阀前后压差变化时，由于定差减压阀的作用，通过调速阀的流量基本稳定。



### 7.2 速度控制回路

#### ■ 1 调速回路

##### 容积调速回路

- 容积调速回路通过改变液压泵和液压马达的排量来调节执行元件的速度。由于没有节流损失和溢流损失，回路效率高，系统温升小，适用于高速、大功率调速系统。

液压泵—液压马达容积调速回路包括：

变量泵—定量马达调速回路

定量泵—变量马达调速回路

变量泵—变量马达调速回路

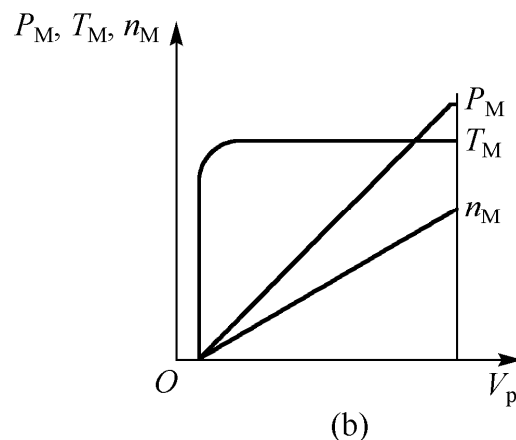
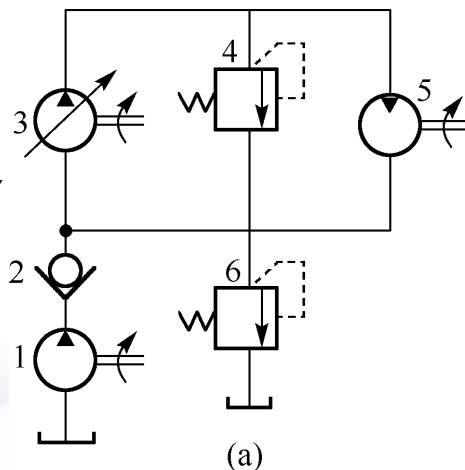
### 7.2 速度控制回路

#### ■ 1 调速回路

##### 容积调速回路

#### (1) 变量泵一定量马达调速回路

溢流阀4为系统安全阀，防止回路过载，1为补油泵，溢流阀6用于调节补油压力，同时置换部分发热油液，降低系统温升。



当负载转矩恒定时，系统工作压力 $p$ 和马达输出转矩恒定，不因调速而发生变化，所以这种回路常被称为恒转矩调速回路。这种回路的调速范围一般为 $Rc \approx 40$ 。回路的调速特性如图b所示

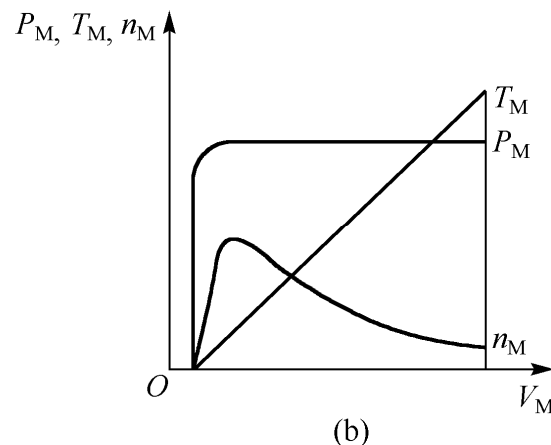
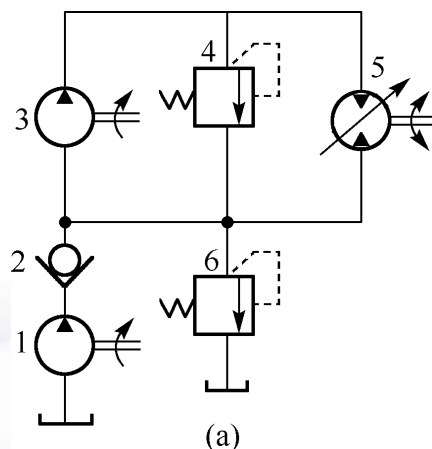
### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 容积调速回路

#### (2) 定量泵—变量马达调速回路

图中各元件名称与作用  
同上图



当负载转矩恒定时，当负载功率恒定时，系统工作压力和马达输出功率恒定，不因调速而发生变化，所以这种回路常被称为恒功率调速回路。回路的调速特性如图**b**所示



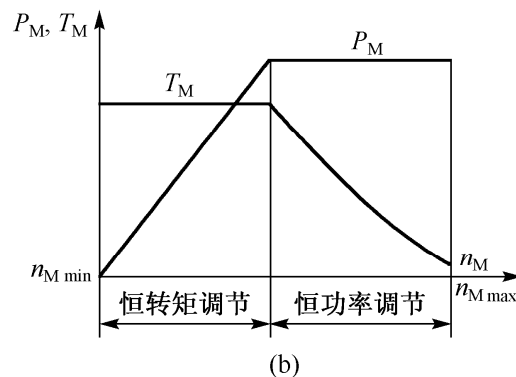
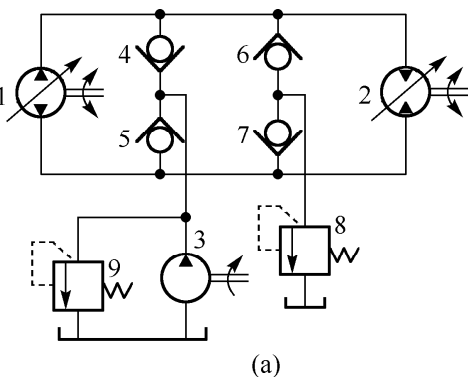
### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 容积调速回路

(3) 变量泵—变量马达调速回路

单向阀4和5用于辅助泵3能双向补油；单向阀6和7使溢流阀8在两个方向对系统起安全保护作用，其它元件同前所述。



这种调速回路是前述两种回路的组合，由于液压泵和液压马达的排量 $V_p$ 、 $V_M$ 均可改变，调速范围大。一般机械要求低速时有较大的输出转矩，高速时能提供较大的输出功率。采用这种回路恰好可以达到这个要求。回路的调速范围一般为 $Rc \leq 100$ 。回路的调速特性如图b所示



### 7.2 速度控制回路

#### ■ 1 调速回路

##### 容积节流调速回路

- 容积节流调速回路用压力补偿变量泵供油，用流量控制阀调定进入液压缸的流量来调节液压缸的速度；并使变量泵的供油量始终随流量控制阀调定流量作相应的变化。
- 该回路无溢流损失，效率较高，速度稳定性比容积调速回路好。

分为两类：

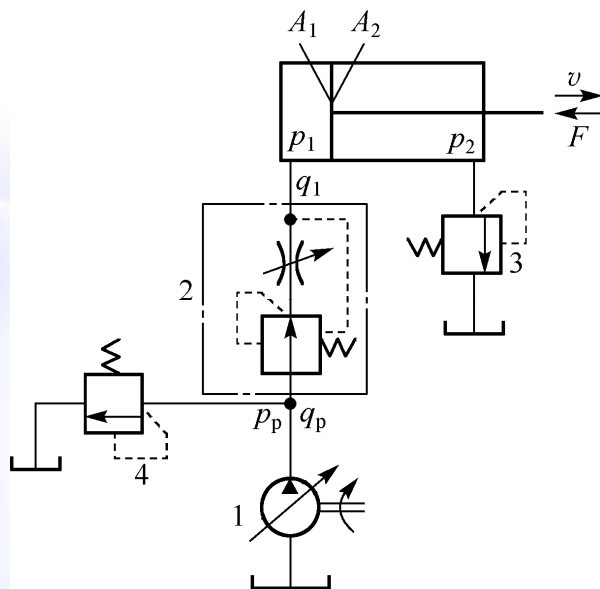
- 1 限压式变量泵与调速阀组成的容积节流调速回路
- 2 差压式变量泵与节流阀组成的容积节流调速回路

### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 容积节流调速回路

(1) 限压式变量泵与调速阀组成的容积节流调速回路



- 液压缸的运动速度由调速阀控制。变量泵的输出流量和出口压力自动保持相应的恒定值，回路无溢流损失，但有节流损失，其大小与液压缸的工作压力有关。

- 回路效率

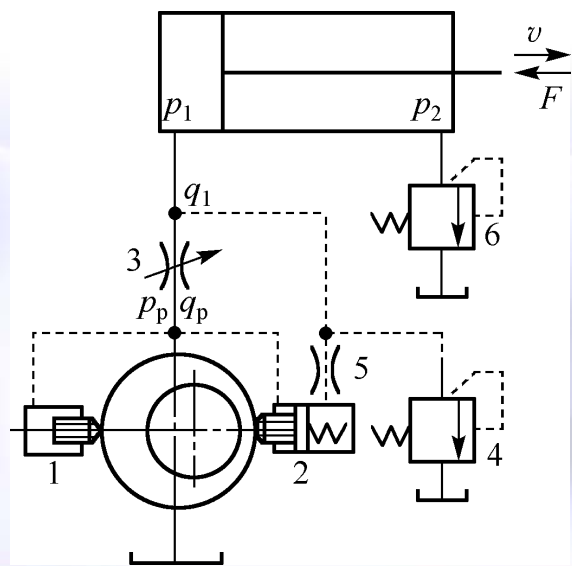
$$\eta = p_1 q_1 / p_p q_p = p_1 / p_p$$

### 7.2 速度控制回路

#### 1 调速回路

##### 容积节流调速回路

(2) 差压式变量泵与节流阀组成的容积节流调速回路



➤ 节流阀**3**控制输入液压缸的流量，变量泵自动调节输出流量与节流阀控制流量相适应。

➤ 当 $q_p > q_1$ 时，定子与转子间的偏心距 $e$ 减小，液压泵流量 $q_p$ 随之减小，直至与 $q_1$ 相适应；反之，当 $q_p < q_1$ 时，定子与转子间的偏心距 $e$ 增大，液压泵流量 $q_p$ 随之增大，直至与 $q_1$ 相适应；

➤ 节流阀**3**前后压差 $\Delta p = p_p - p_1$ 基本上由作用在变量泵控制活塞上的弹簧力 $F_S$ 来确定，即 $\Delta p = F_S / A_0$

➤ 回路效率为

$$\eta = p_1 q_1 / p_p q_p = p_1 / p_p$$

### 7.2 速度控制回路

#### ■ 2 快速运动回路

➤ 快速运动回路的功用是使执行元件获得尽可能大的空载运行速度，以提高系统的生产效率，充分利用功率。

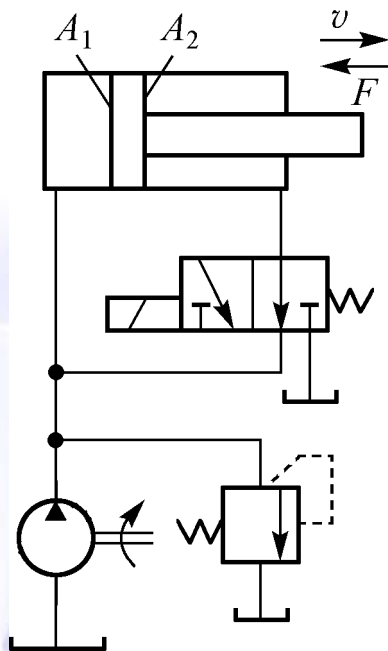
#### ● 常用的三种快速运动回路：

- 1、液压缸差动连接快速运动回路
- 2、双泵供油快速运动回路
- 3、增速缸的增速回路

### 7.2 速度控制回路

#### 2 快速运动回路

##### 液压缸差动连接快速运动回路



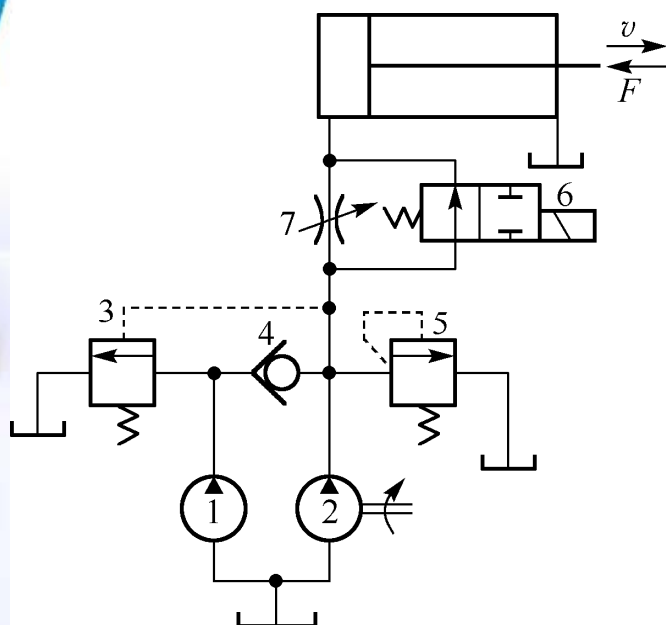
有杆腔回油和液压泵供油合在一起进入液压缸无杆腔，活塞将快速向右运动，差动连接与非差动连接的速度之比为

$$v_1/v_2 = A_1 / (A_1 - A_2)$$

### 7.2 速度控制回路

#### 2 快速运动回路

##### 双泵供油快速运动回路



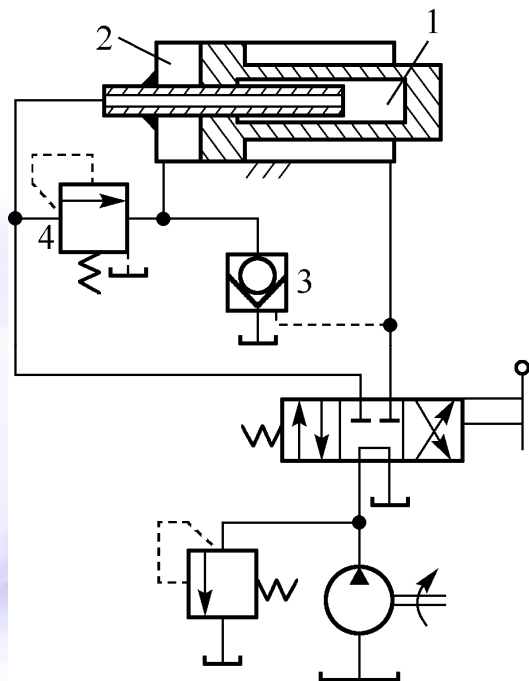
- 当系统压力低于阀3调定压力时，两个泵同时向系统供油，活塞快速向右运动；
- 系统压力达到或超过阀3调定压力时，大流量泵1通过阀3卸载，单向阀4自动关闭，只有小流量泵向系统供油，活塞慢速向右运动。



### 7.2 速度控制回路

#### ■ 2 快速运动回路

##### 增速缸的增速回路



- 增速缸由活塞缸与柱塞缸复合而成。
- 换向阀处于左位，压力油经柱塞孔进入增速缸小腔，推动活塞快速向右移动，大腔所需油液由充液阀3从油箱吸取，活塞缸右腔油液经换向阀回油箱。
- 当执行元件接触工件，工作压力升高，顺序阀4开启，高压油关闭充液阀3，并同时进入增速缸的大、小腔，活塞转换成慢速运动，且推力增大。



### 7.2 速度控制回路

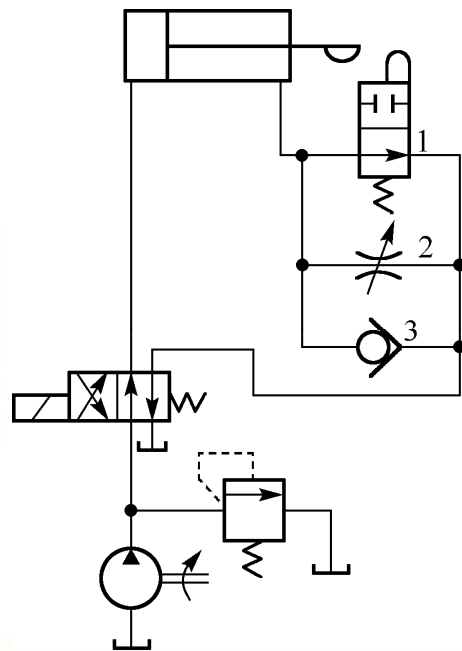
#### ■ 3 速度换接回路

➤ 用于切换执行元件的速度，换接过程要求平稳，换接精度高。按切换速度的不同，有快速-慢速、慢速-慢速的换接。

#### ■ 快、慢速换接回路

##### ■ 用行程阀的速度换接回路

- 换向阀2 右位，液压缸活塞快进到预定位置，行程阀关闭，缸右腔油液经过节流阀2回油箱，活塞转为慢速工进。
- 换向阀2 左位，压力油经单向阀3进入缸右腔，活塞快速向左返回。

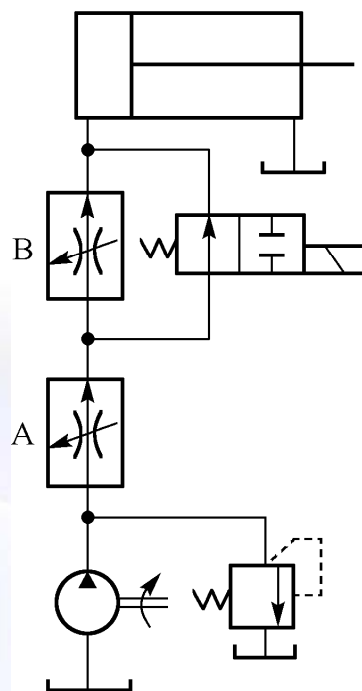


### 7.2 速度控制回路

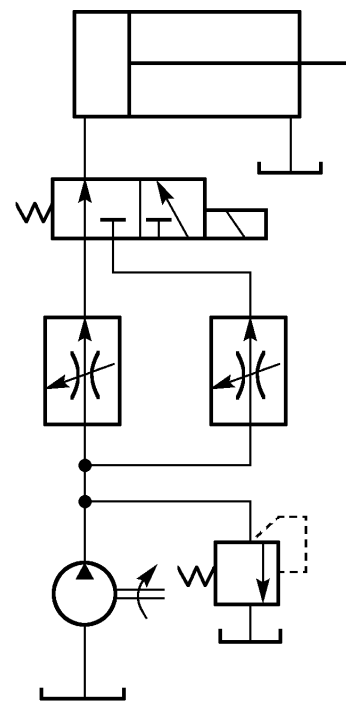
#### 3 速度换接回路

##### 慢-慢速换接回路

为实现两次工进速度，常用两个调速阀串联或并联在油路中，用换向阀进行切换。



(a) 调速阀串联回路



(b) 调速阀并联回路

### 7.3 方向控制回路

- 控制进入执行元件液流的通、断或变向来实现液压系统执行元件的启动、停止或改变运动方向的回路。
- 常用的方向控制回路主要是换向回路。

#### ■ 1 采用换向阀的换向回路

##### 简单换向

- 采用二位四通、三位四通换向阀都可以使双作用液压缸换向。
- 二位阀只能使执行元件正、反向运动，三位阀有中位，不同中位机能可使系统获得不同性能。
- 采用电磁换向阀和电液换向阀可以方便的实现自动往复运动，换向平稳性和换向精度有时不能满足要求。

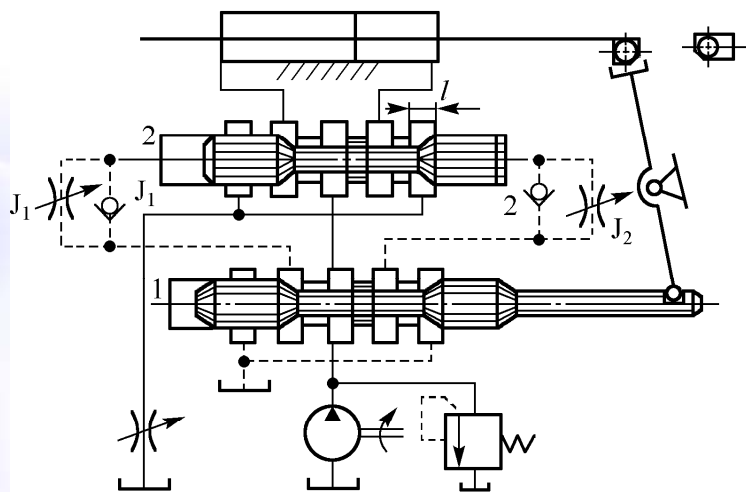
### 7.3 方向控制回路

#### 复杂换向回路

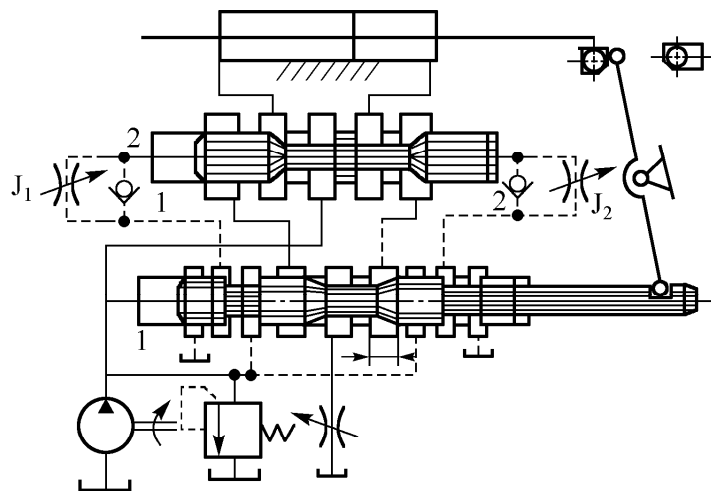
时间控制制动式

行程控制制动式

- 常采用 机动换向阀作先导阀，液动换向阀作主阀的换向回路。



(a) 时间控制制动式换向回路



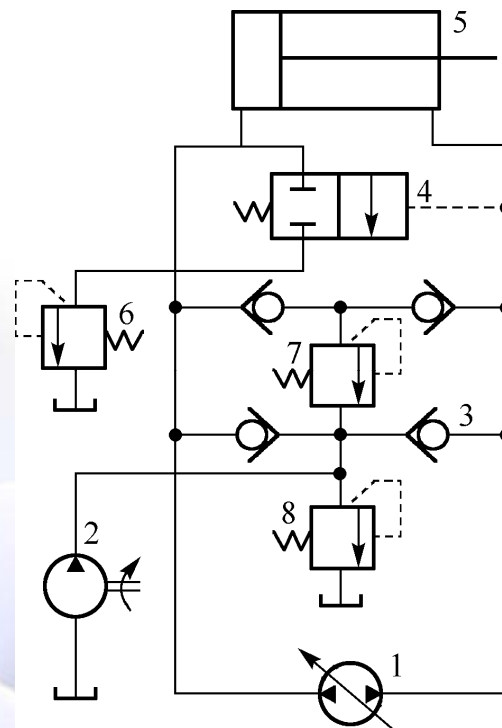
(b) 行程控制制动式换向回路

### 7.3 方向控制回路

#### 2 采用双向变量泵的换向回路

在闭式回路中可用双向变量泵变更供油方向来实现液压缸（马达）换向。

这种回路适用于压力较高、流量较大的场合。



### 7.4 多执行元件控制回路

在液压系统中，如果一个油源给多个执行元件输送压力油，各个执行元件会因回路中的压力和流量的彼此影响而在动作上相互牵制，需要使用一些特殊的回路才能实现预定动作的要求。

➤ 这类回路主要有：

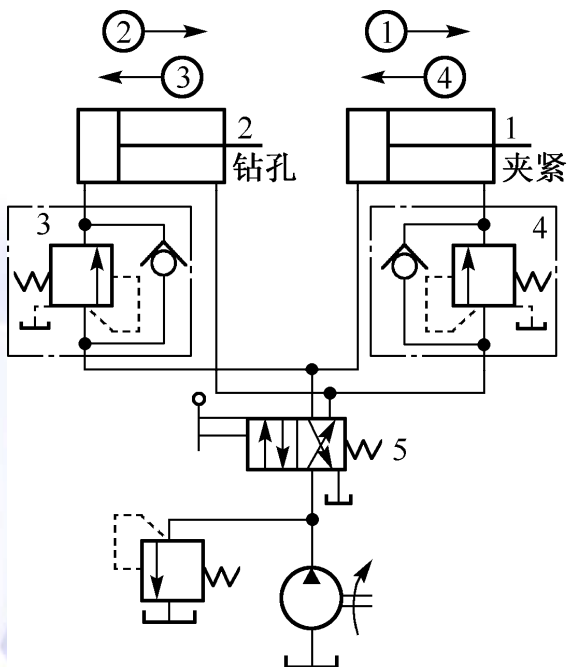
- 1、顺序动作回路
- 2、同步回路



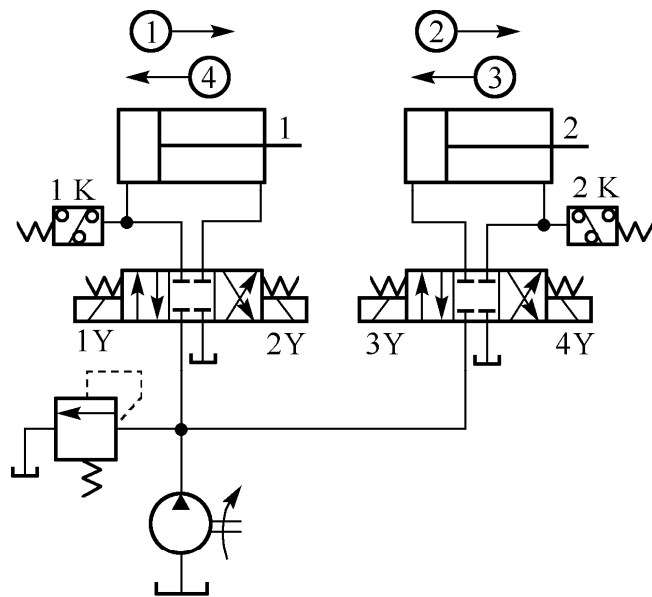
### 7.4 多执行元件控制回路

- 1 **顺序动作回路** 使两个以上执行元件严格按照预定顺序动作。  
分为压力控制和行程控制两种。

#### 压力控制顺序动作回路



(a) 顺序阀控制的顺序动作回路



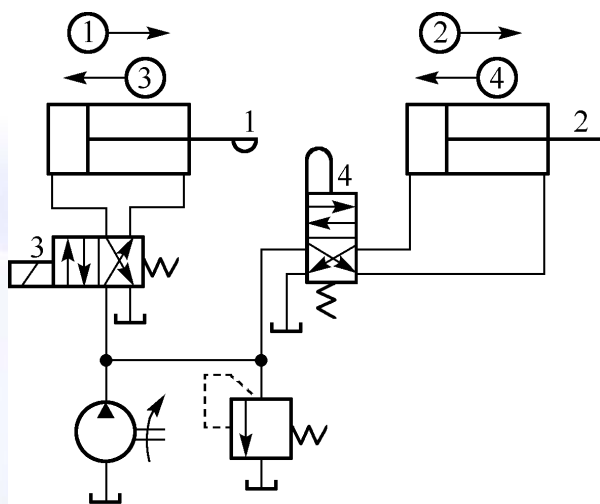
(b) 压力继电器控制的顺序动作回路



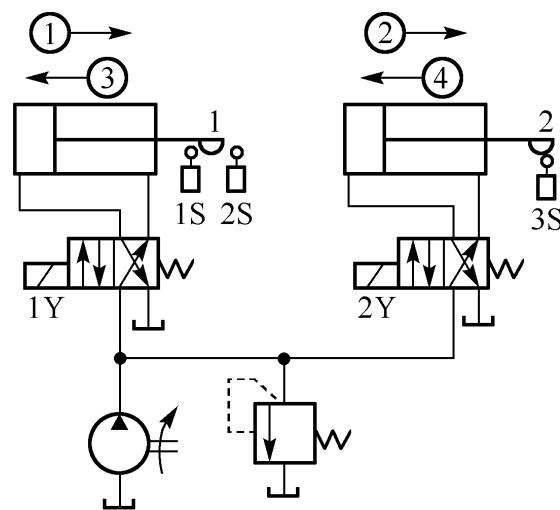
### 7.4 多执行元件控制回路

- 1 **顺序动作回路** 使两个以上执行元件严格按照预定顺序动作。  
分为压力控制和行程控制两种。

#### 行程控制顺序动作回路



(a) 采用行程阀控制的顺序回路

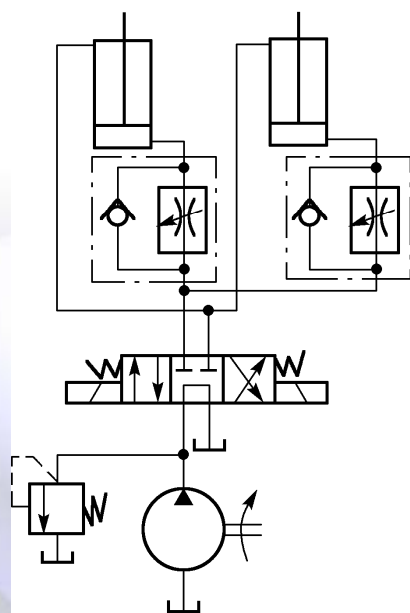


(b) 采用行程开关控制电磁换向阀的顺序回路

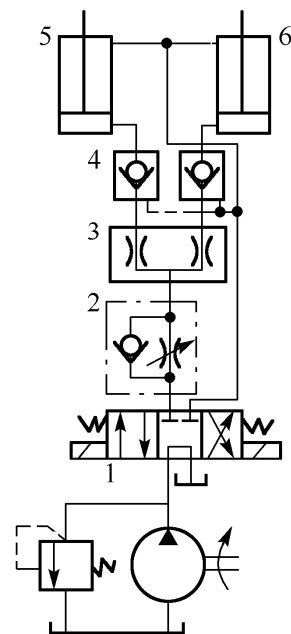
### 7.4 多执行元件控制回路

- 2 **同步回路** 保证系统中两个或多个执行元件在运动中以相同的位移或相同的速度（或固定的速比）运动。同步运动分为速度同步和位置同步两类。

用流量控制阀的同步回路



(a) 调速阀同步回路

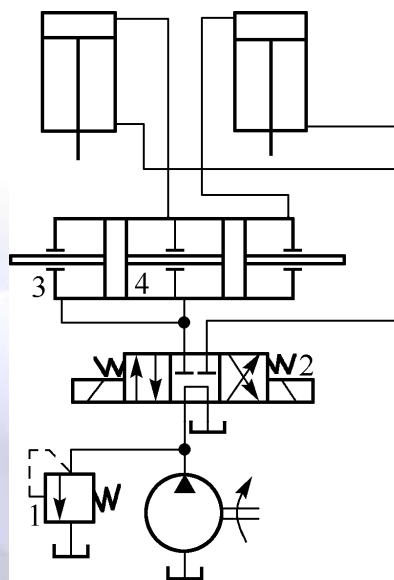


(b) 分流集流阀同步回路

### 7.4 多执行元件控制回路

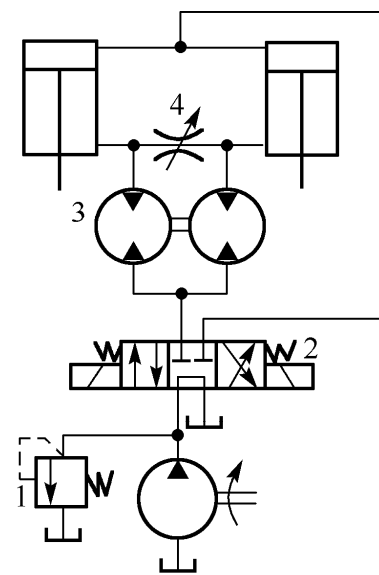
- 2 **同步回路** 保证系统中两个或多个执行元件在运动中以相同的位移或相同的速度（或固定的速比）运动。同步运动分为速度同步和位置同步两类。

用同步缸的同步回路



(a) 同步缸同步回路

用同步马达的同步回路

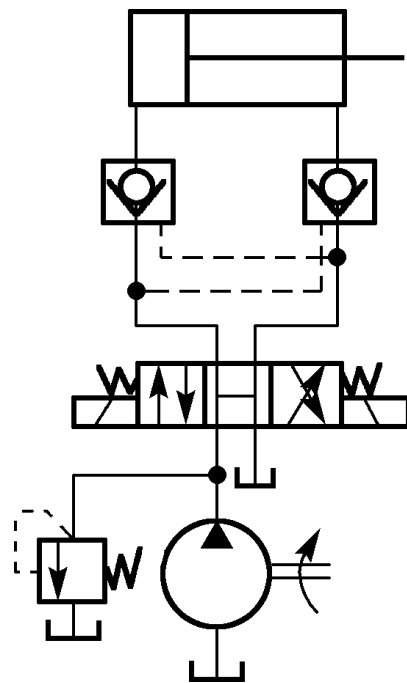


(b) 同步马达同步回路

### 7.5 其它回路

#### 1 锁紧回路

锁紧回路的功用是在液压执行件不工作时切断其进、出油液通道，使它准确地保持在既定位置上，并防止停止运动后因外界因素而发生窜动。



### 7.5 其它回路

#### 2 浮动回路

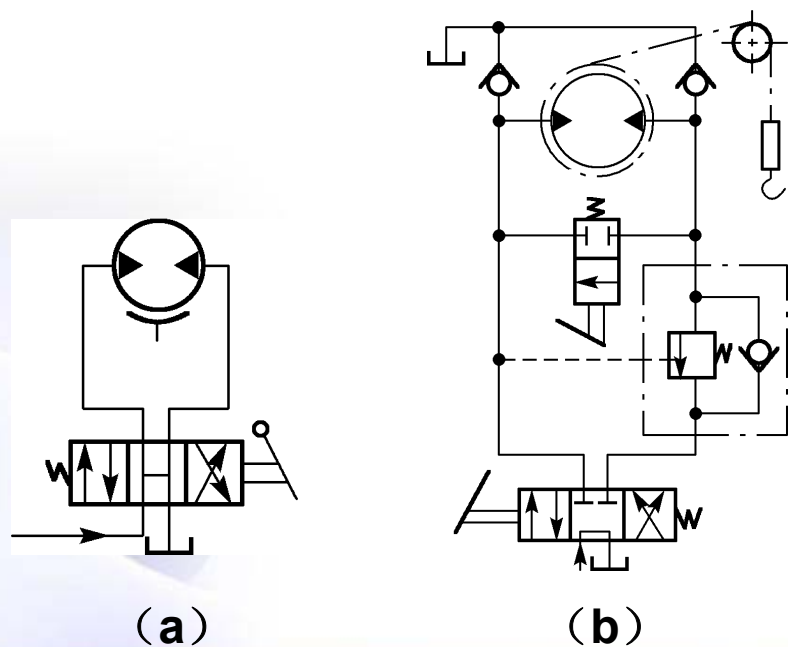
浮动回路的作用是把执行元件的进、回油路直接连通或同时接通油箱，借助于自重或负载的惯性力，使执行元件处于无约束的自由浮动状态。

用三位四通阀实现浮动

如 (a) 所示

用二位二通阀实现浮动

如 (b) 所示



### 【本章小结】

- 1.掌握液压基本回路的性能特点及工作原理；
- 2.掌握液压基本回路或系统中有关液压量的计算。
- 3.掌握调速回路的结构组成及其调速原理；各种调速方式的特点比较；节流调速回路及容积调速回路的性能参数计算等。