

液压与气动技术

第三单元 液压控制元件及辅件

教学内容：

- 方向控制阀（重点）
- 压力控制阀及应用（重点）
- 流量控制阀及应用（重点）
- 叠加阀 / 插装阀（了解）



4. 液压控制元件

液压控制元件主要是各种控制阀，在液压系统中控制液体流动方向、流量大小和压力的高低，以满足执行元件的工作要求。



4 . 1 方向控制阀（ direction control valves ）

方向控制阀是通过控制液体流动的方向来操纵执行元件的运动，如液压缸的前进、后退与停止，液压马达的正反转与停止等。

4 . 1 . 1 单向阀

单向阀使油只能在一个方向流动，反方向则堵塞。其构造及符号如图 4-1 所示。

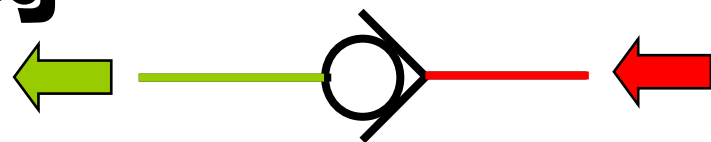
液控单向阀如图 4-2 所示，在普通单向阀的基础上多了一个控制口，当控制口空接时，该阀相当于一个普通单向阀；若控制口接压力油，则油液可双向流动。

为减少压力损失，单向阀的弹簧刚度很小，但若置于回油路作背压阀使用时，则应换成较大刚度的弹簧。

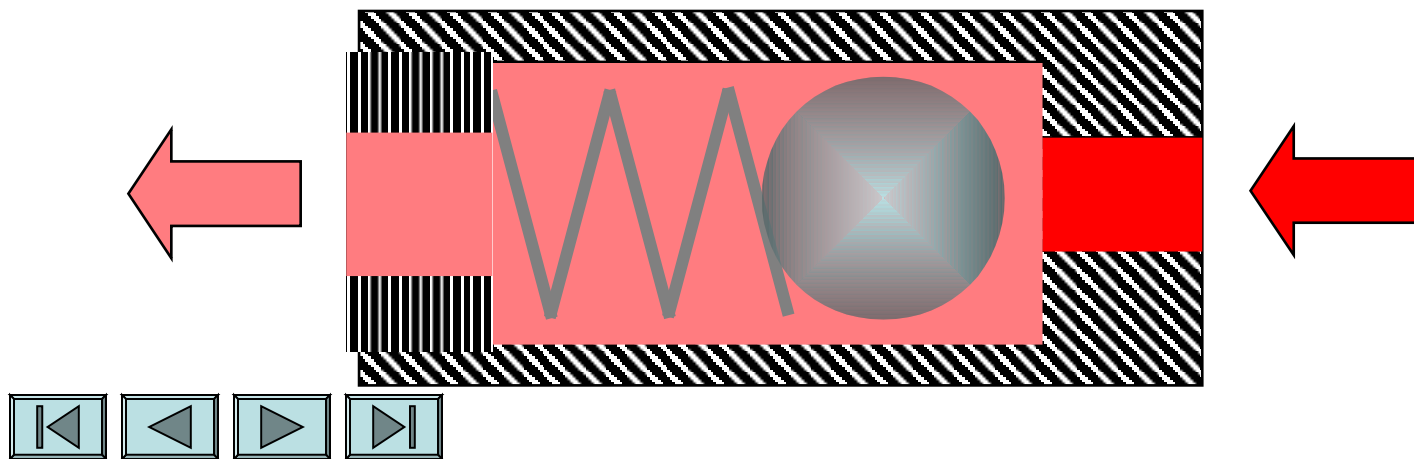


- 单向阀

方向控制阀

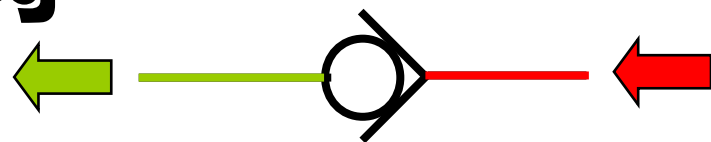


普通单向阀

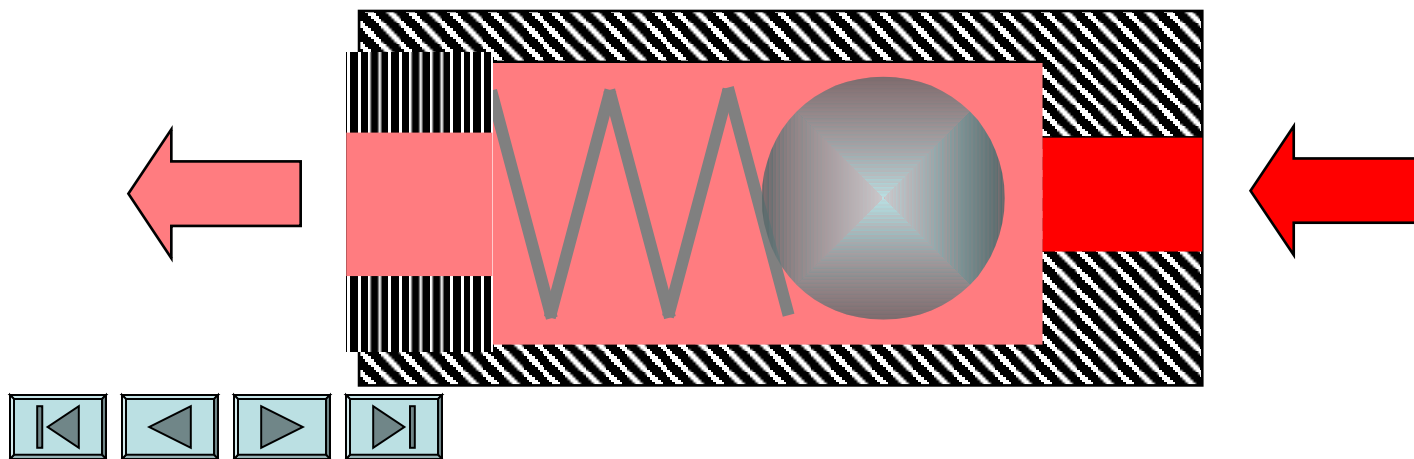


- 单向阀

方向控制阀

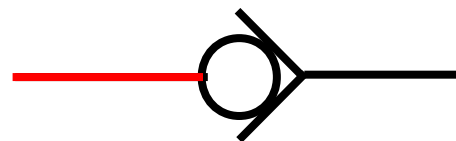


普通单向阀

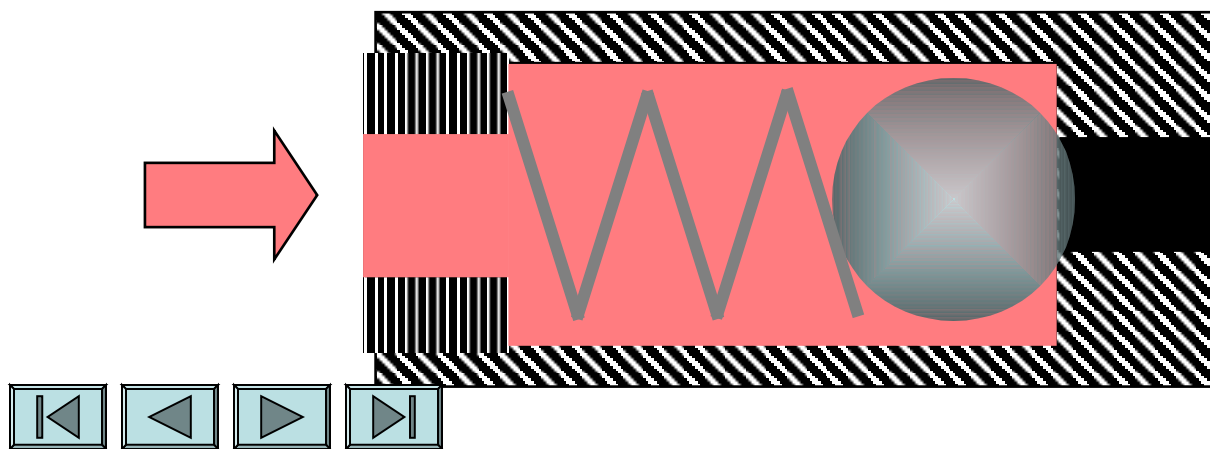


- 单向阀

方向控制阀

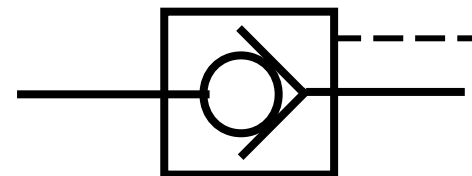


普通单向阀

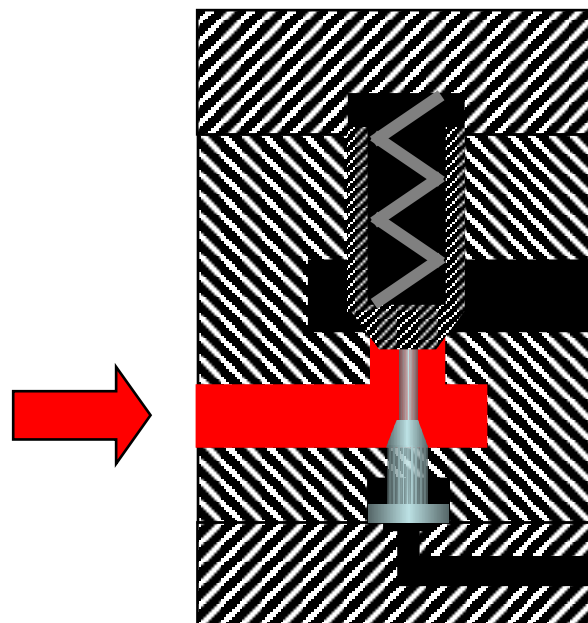


- 液控单向阀

方向控制阀

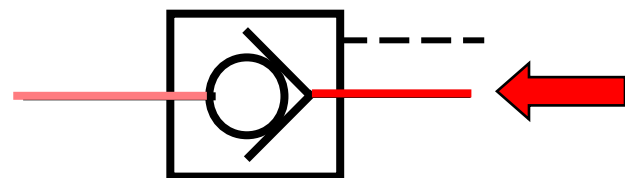


液控单向阀

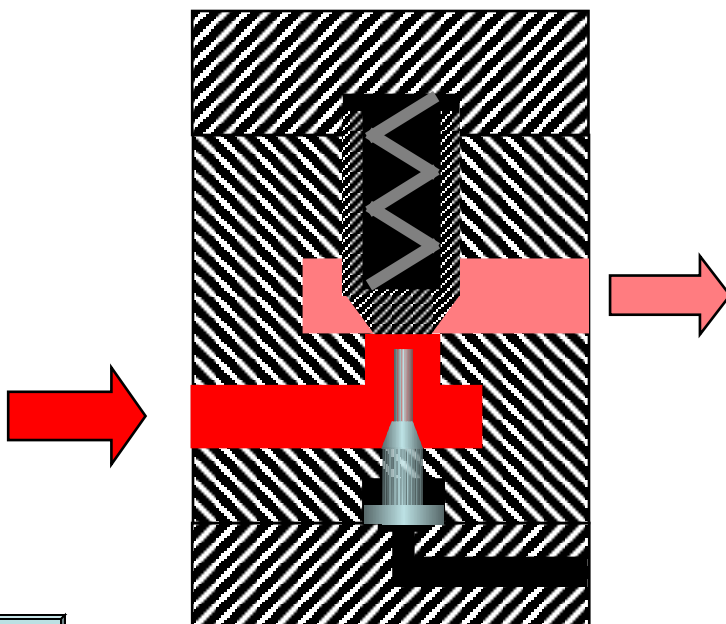


- 液控单向阀

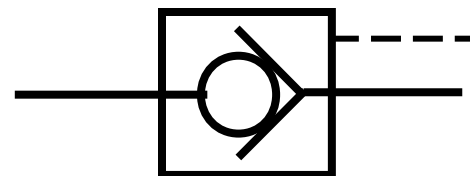
方向控制阀



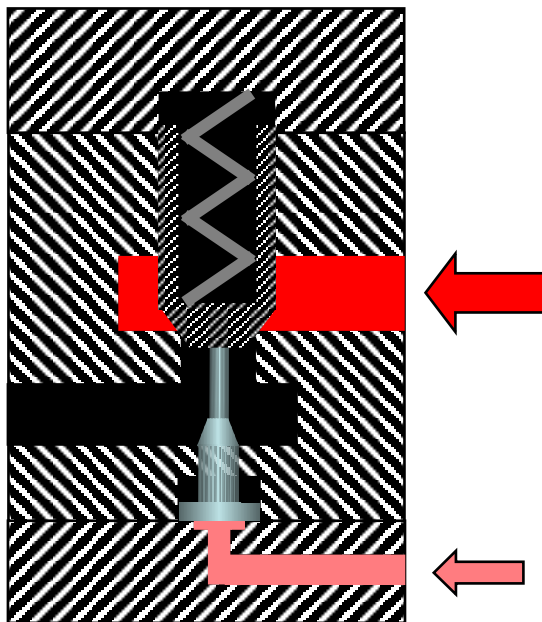
液控单向阀



方向控制阀：单向阀

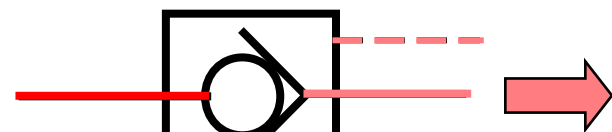


液控单向阀

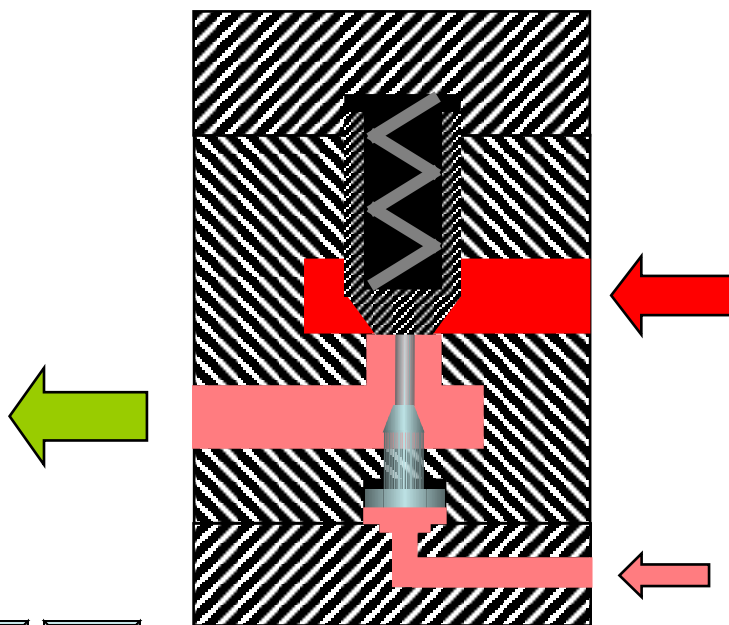


- 液控单向阀

方向控制阀



液控单向阀



4. 1 方向控制阀 (direction control valves)

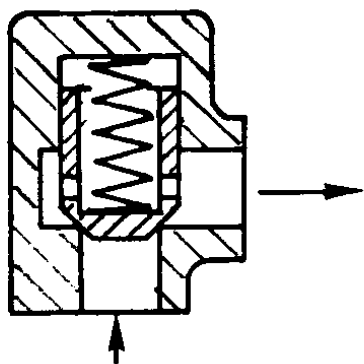


图 4—1 单向阀

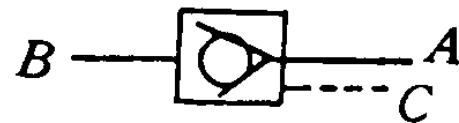
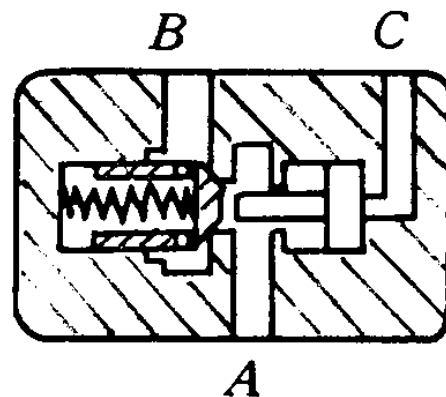


图 4—2 液控单向阀

4. 1 方向控制阀（direction control valve）

4. 1. 2 换向阀：换向阀是**利用阀芯**
对阀体的相对位置改变来控制油路接
通、关断或改变油液流动方向。一般
以下述方法分类。

1. 按接口数及切换位置数分类

接口是指阀上各种接油管的进、出口，**进油口通常标为 P**，**回油口则标为 R 或 T**，**出油口则以 A、B 来表示**。阀内阀芯可移动的位置数称为**切换位置数**，通常我们将接口称为“通”，将阀芯的位置称为“位”，例如：图 4—3 所示的手动换向阀有三个切换位置，4 个接口，我们称该阀为三位四通换向阀。该阀的三个工作位置与阀芯在阀体中的对应位置如图 4—4 所示，各种位和通的换向阀符号见图 4—5 所示。

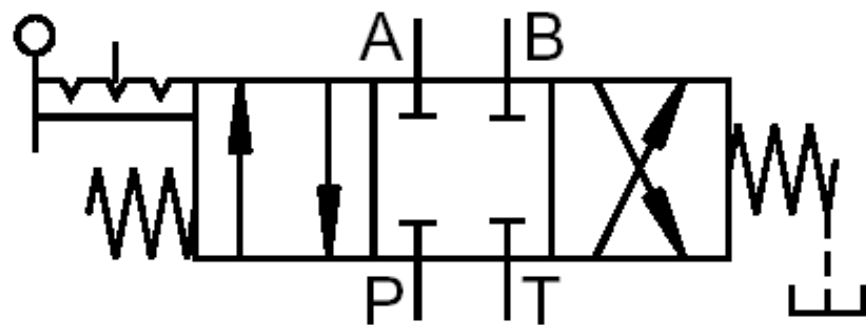
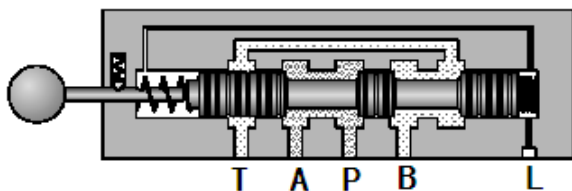
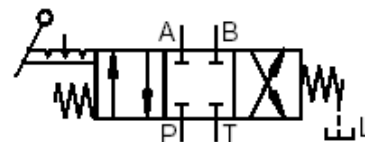
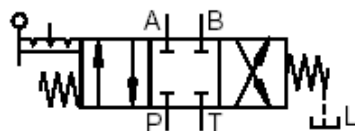
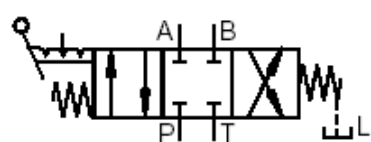


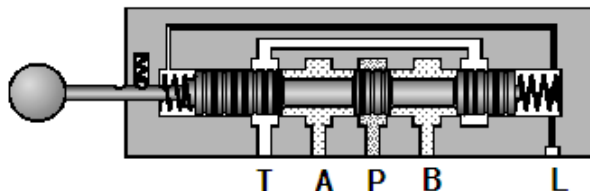
图4—3 手动三位四通换向阀



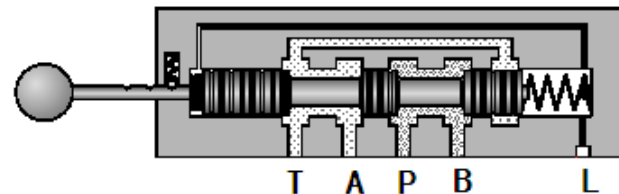
4. 1 方向控制阀（direction control valves）



a) 手柄左扳，阀左位工作



b) 松开手柄，阀中位工作



c) 手柄右扳，阀右位工作

图4—4 换向阀动作原理说明

4. 1 方向控制阀（direction control valves）

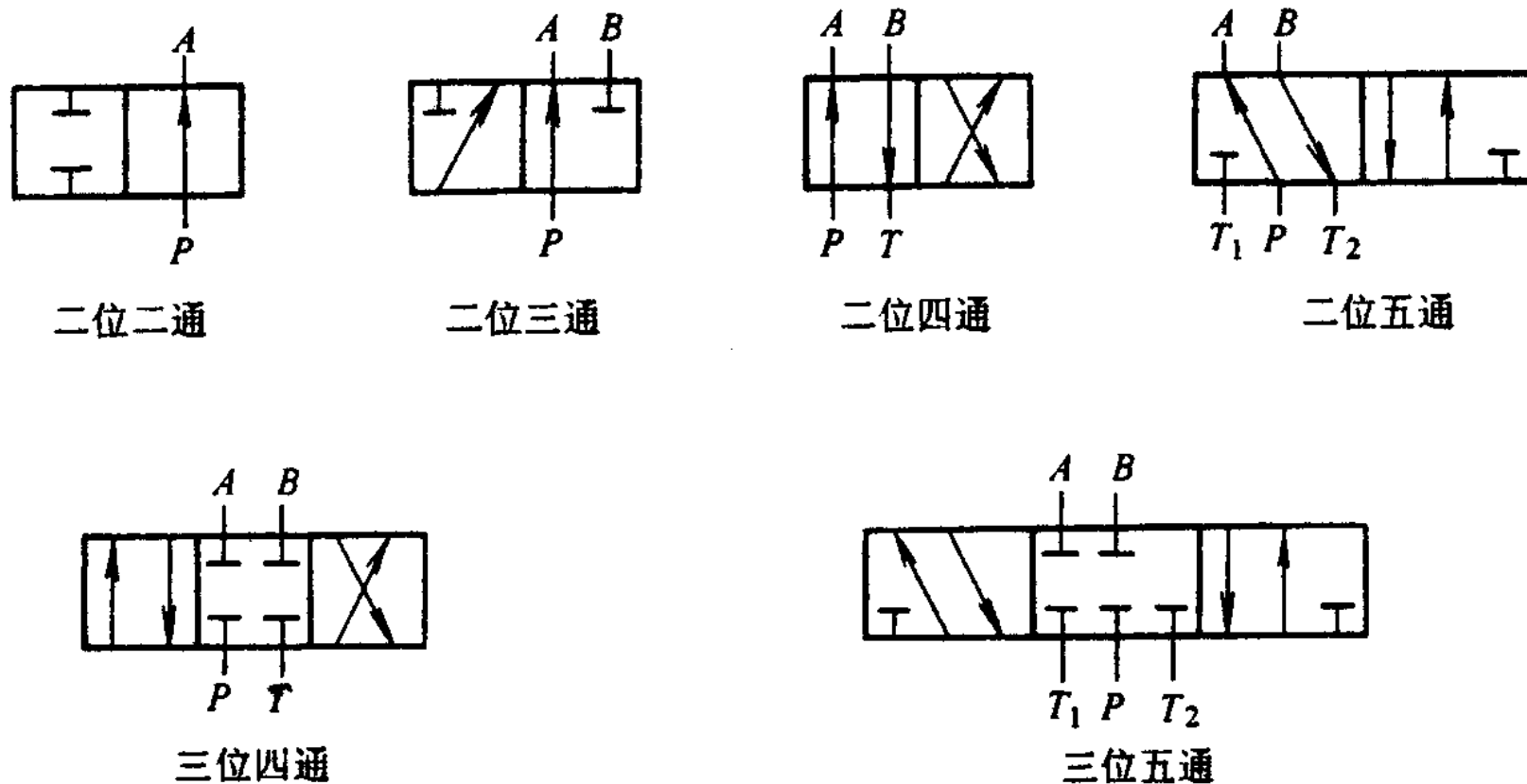


图 4-5 换向阀的位和通路符号

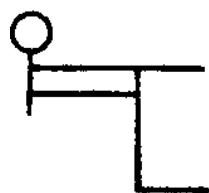


4. 1 方向控制阀 (direction control valve)

4. 1. 2 换向阀：换向阀是利用阀芯对阀体的相对位置改变来控制油路接通、关断或改变油液流动方向。一般以下述方法分类。

2. 按操作方式分类

推动阀内阀芯移动的动力有手、脚、机械、液压、电磁等方法，如图 4 — 6 所示。阀上如装弹簧，则当外加压力消失时，阀芯会回到原位。



手动



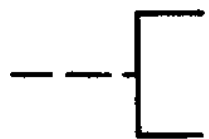
机动（滚轮式）



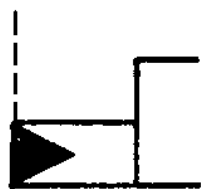
电动



弹簧



液动



液压先导控制



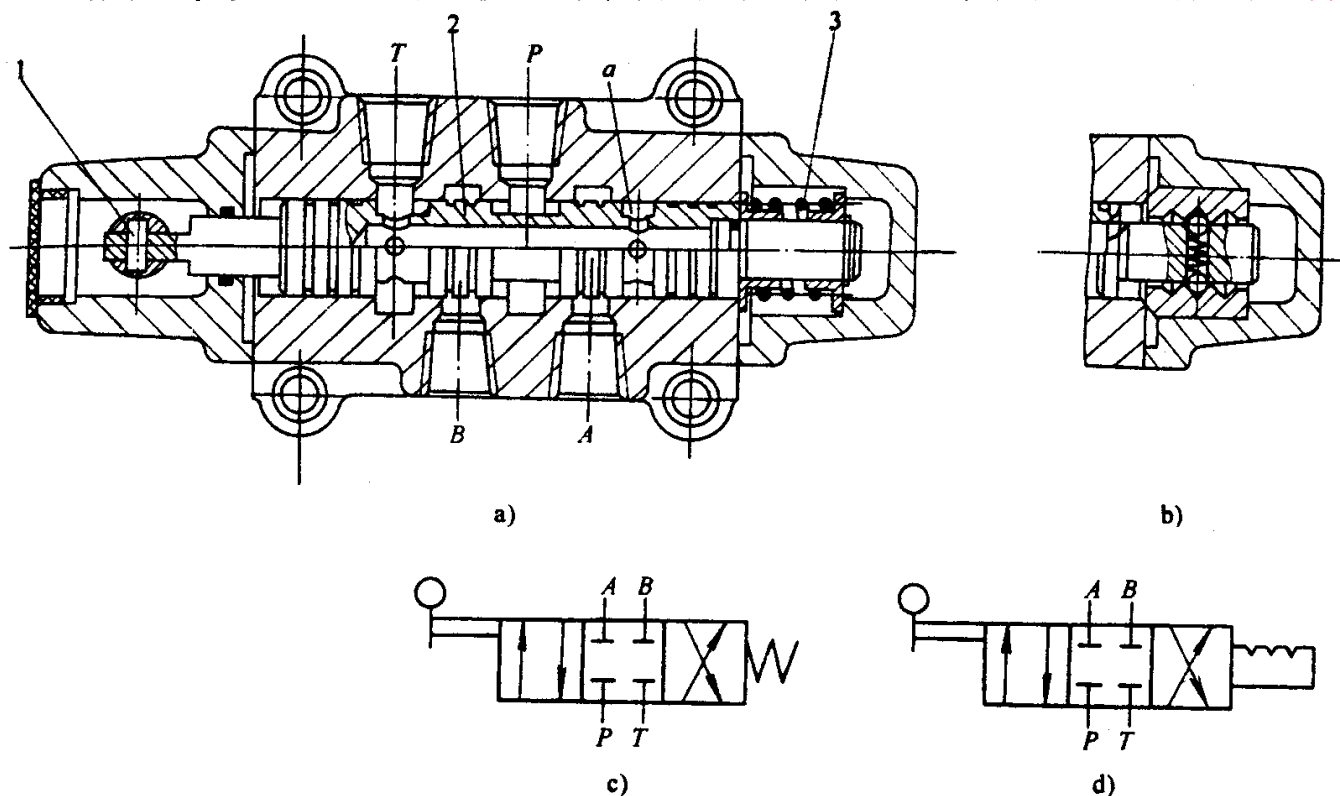
电磁-液压先导控制

图 4-6 换向阀操纵方式符号



4. 1 方向控制阀 (direction control valves)

3. 换向阀结构：在液压传动系统中广泛采用的是滑阀式换向阀，在



置实现换

右移，阀
由口 P 和
b 回复中

式，即成
符号图

图4-7 手动换向阀

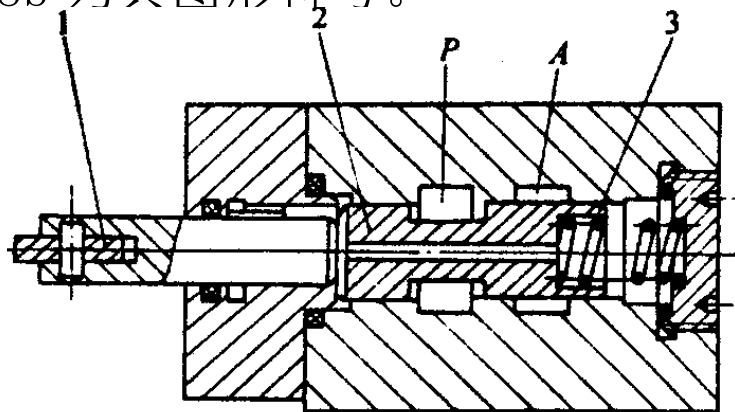
1—手柄 2—阀芯 3—弹簧



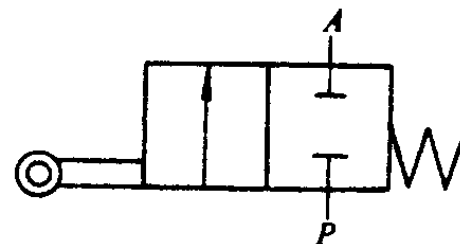
4. 1 方向控制阀（direction control valves）

2) 机动换向阀：又称行程阀，它主要用来控制液压机械运动部件的行程，它是借助于安装在工作台上的挡铁或凸轮来迫使阀芯移动，从而控制油液的流动方向，机动换向阀通常是二位的，有二通、三通、四通和五通几种，其中二位二三通机动阀又分常闭和常开两种。

图 4-8a 为滚轮式二位二通常闭式机动换向阀，若滚轮未压住则油口 P 和 A 不通，当挡铁或凸轮压住滚轮时，阀芯右移，则油口 P 和 A 接通。图 4-8b 为其图形符号。



a)



b)

图 4-8 机动换向阀

1—滚轮 2—阀芯 3—弹簧



4. 1 方向控制阀 (direction control valves)

3) 电磁换向阀：利用电磁铁的通、断电而直接推动阀芯来控制油口的连通状态。图 4—9 所示为三位五通电磁换向阀，当左边电磁铁通电，右边电磁铁断电时，阀油口的连接状态为 P 和 A 通，B 和 T_2 通， T_1 堵死；当右边电磁铁通电，左边电磁铁断电时，P 和 B 通，A 和 T_1 通， T_2 堵死；当左右电磁铁全断电时，五个油口全堵死。

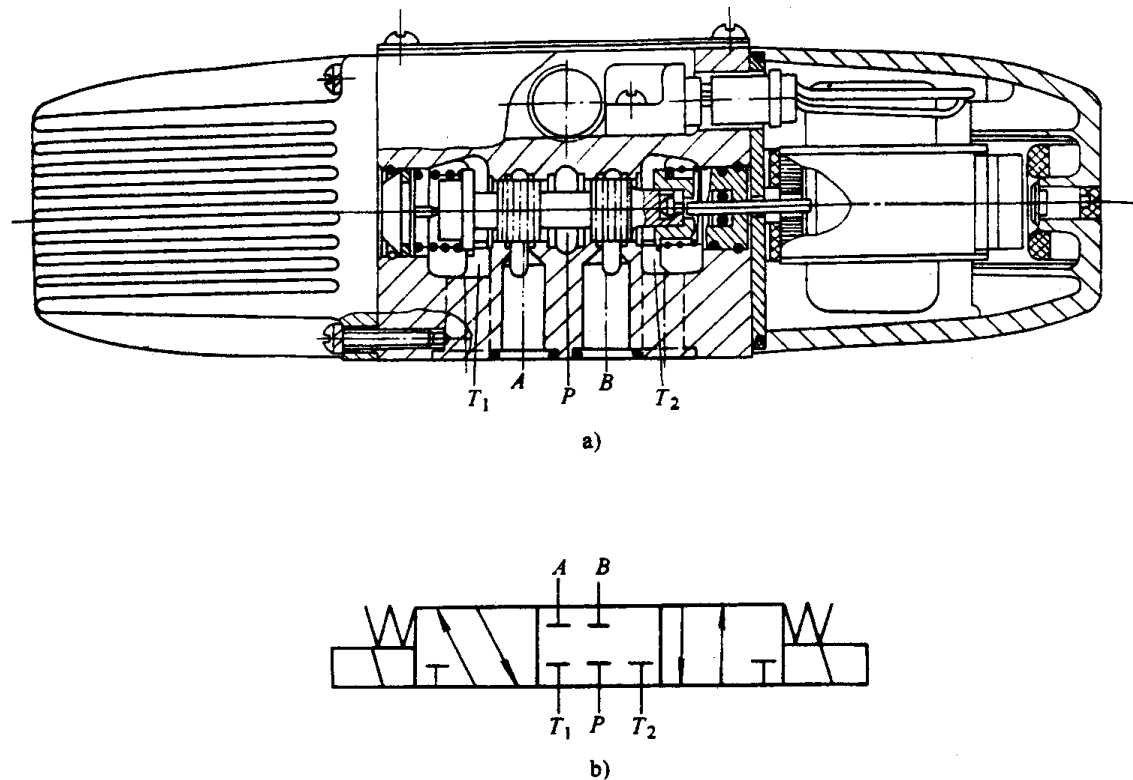
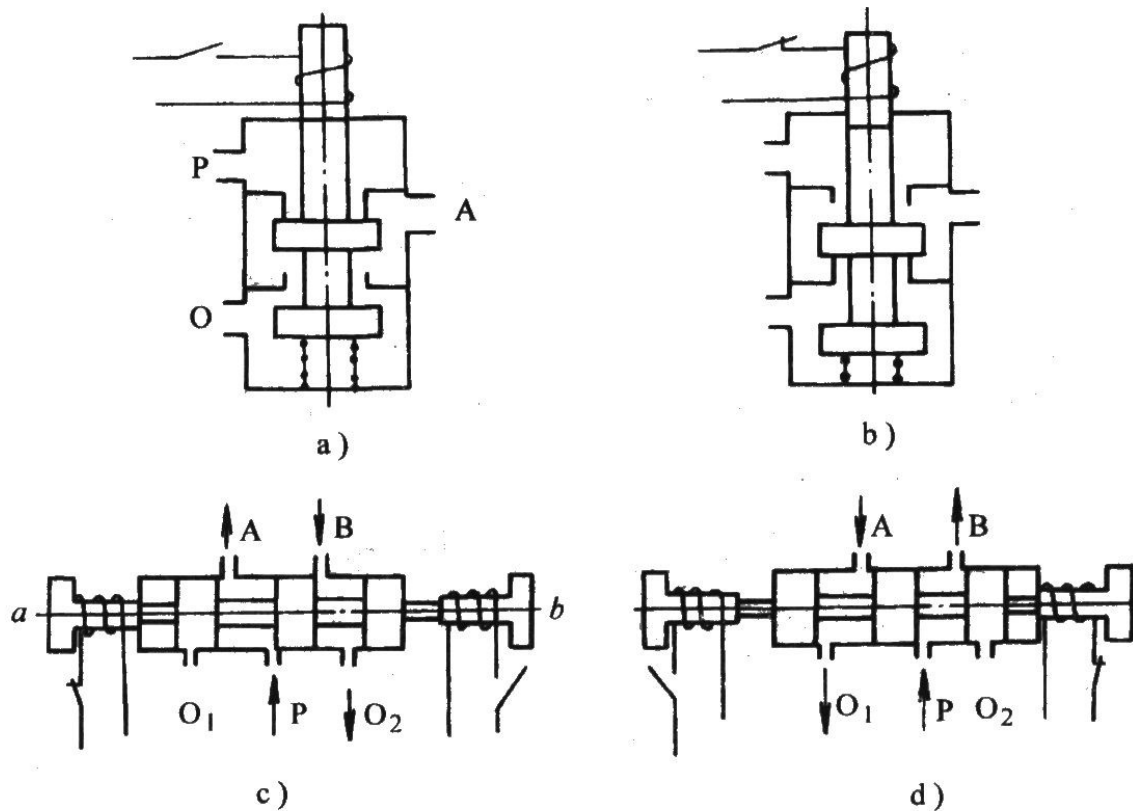


图 4-9 三位五通电磁阀

- 1) 直动式



a断电状态 b) 通电状态 c) 电磁铁 a 通电 b 断电 d) 电磁铁 b 通电 a 断电



4. 1 方向控制阀（direction control valves）

4) 液动换向阀

图 4—10 所示为三位四通液动换向阀，当 K_1 通压力油， K_2 回油时，P 与 A 接通，B 与 T 接通；当 K_2 通压力油， K_1 回油时，P 与 B 接通，A 与 T 接通；当 K_1 、 K_2 都未通压力油时，P、T、A、B 四个油口全堵死。

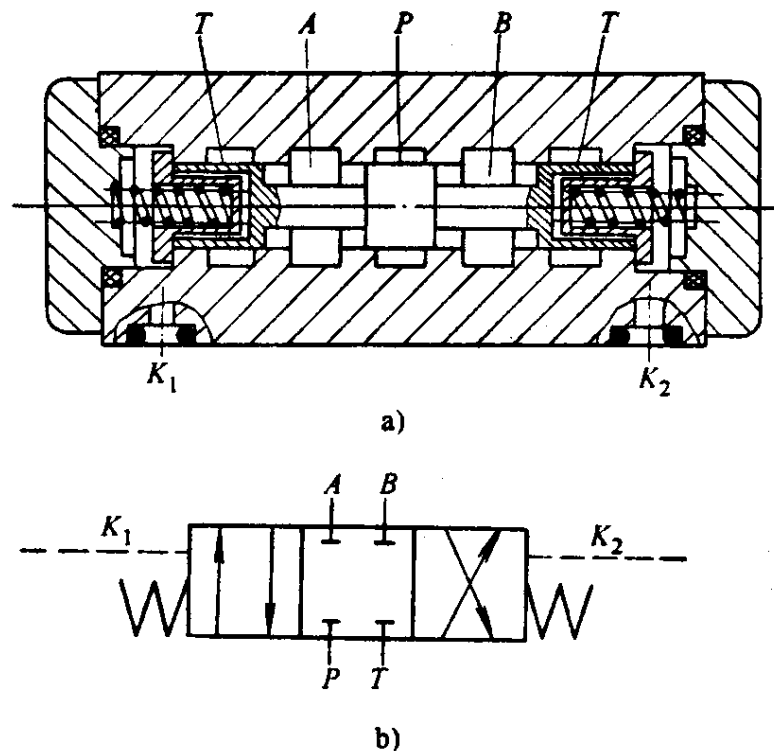


图 4-10 三位四通液动阀

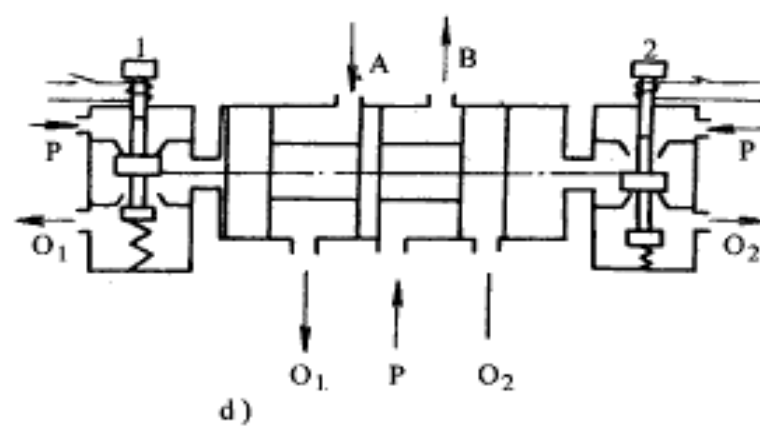
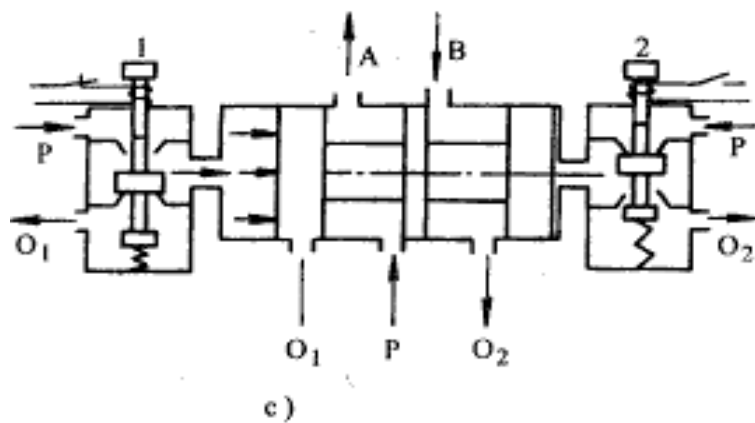
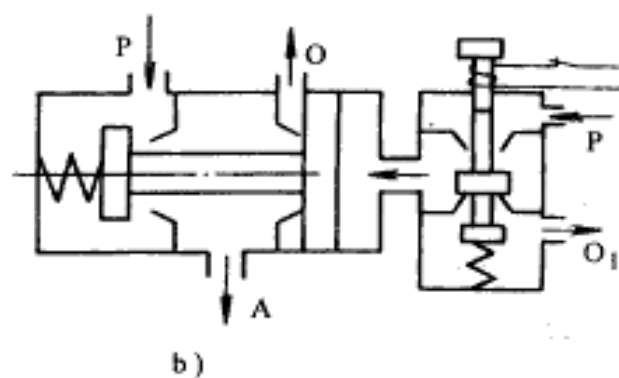
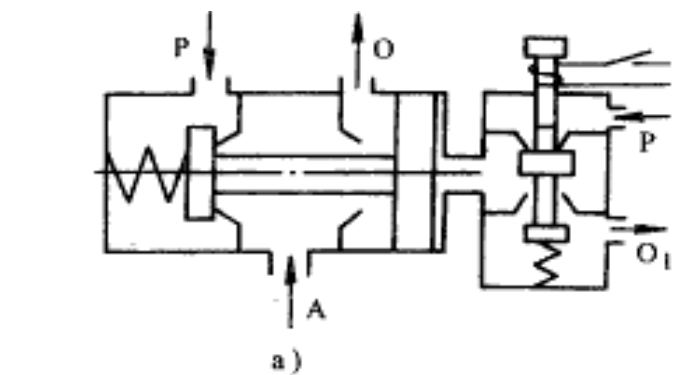
4 . 1 方向控制阀（ direction control valves ）

5) 电液换向阀：由电磁换向阀和液动换向阀组合而成。

电磁换向阀起先导作用，它可以改变控制液流的方向，从而改变液动换向阀的位置。由于操纵液动换向阀的液压推力可以很大，所以主阀可以做得很大，允许有较大的流量通过。这样用较小的电磁铁就能控制较大的液流。图 4 — 11 所示三位四通电液换向阀。该阀的工作状态（不考虑内部结构）和普通电磁阀一样，但工作位置的变换速度可通过阀上的节流阀调节。

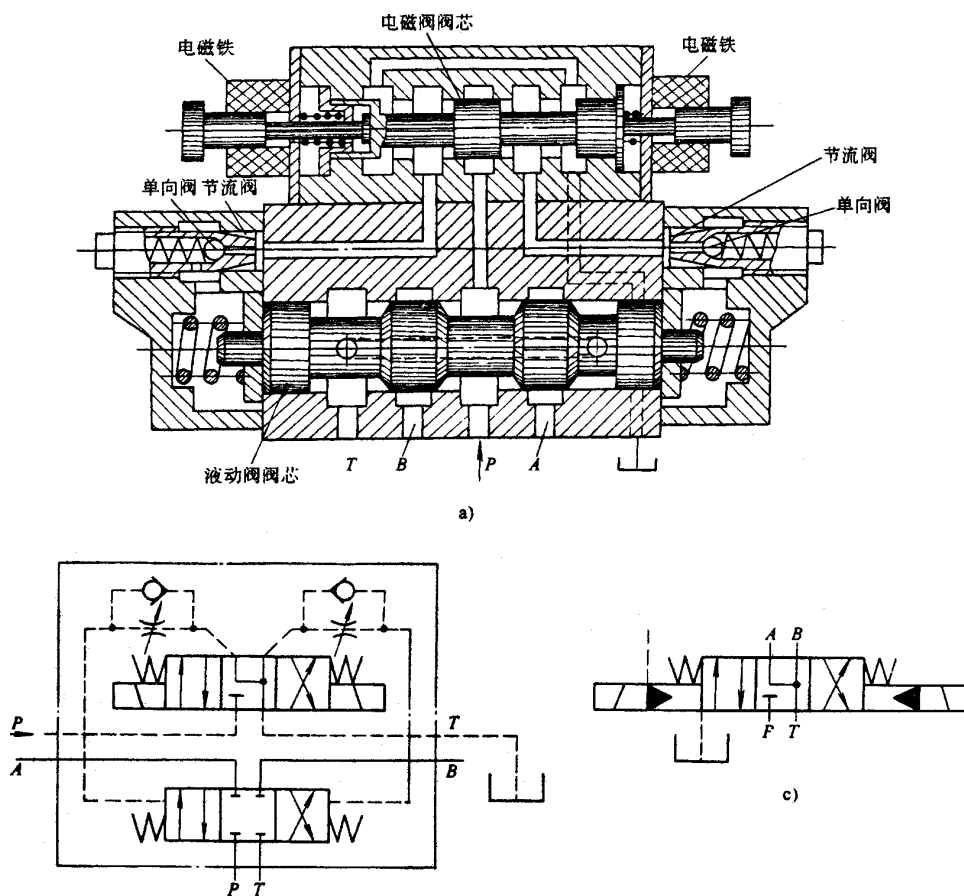


2) 先导式



4. 1 方向控制阀 (direction control valves)

5) 电液换向阀

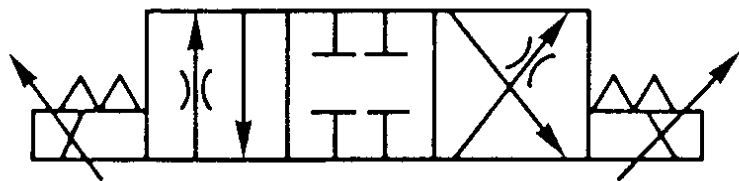


4 . 1 方向控制阀（ direction control valve s ）

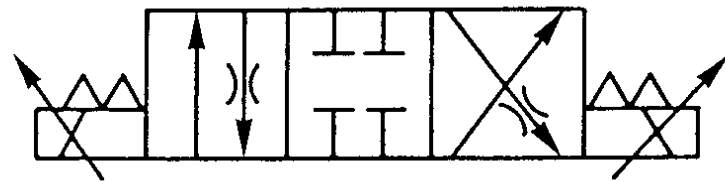
6 . 比例式电磁换向阀

比例方向阀（ Proportional Directional-Flow Valve ）是以在阀芯外装置的电磁线圈所产生的电磁力，来控制阀芯的移动，依靠控制线圈电流来控制方向阀内阀芯的位移量，故可同时控制油流动的方向和流量。

图 4 — 12 为比例式方向阀的职能符号，通过控制器可以得任何想要之流量和方向，同时也有压力及温度补偿的功能；比例式方向阀有进油和回油流量控制两种类型。



(a) 进口节流

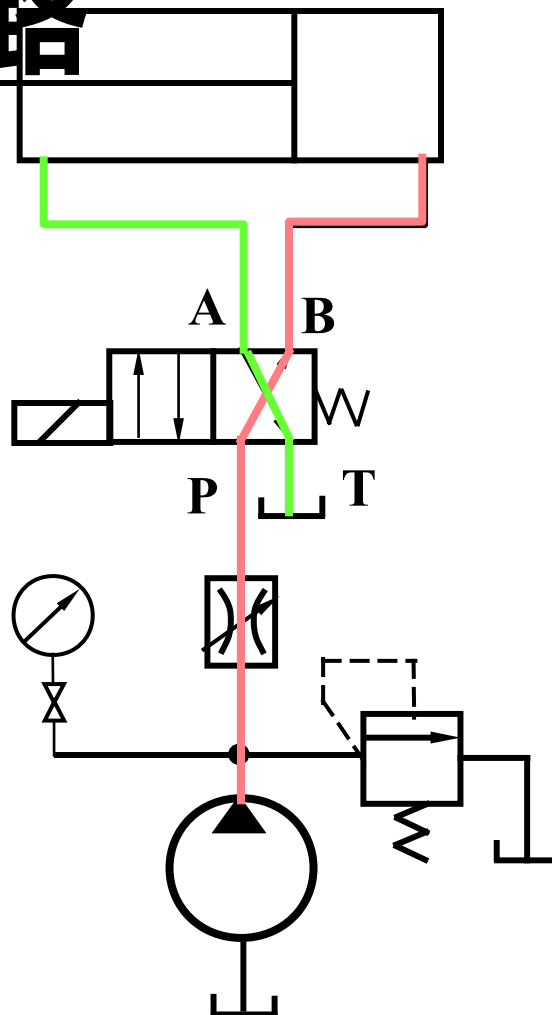
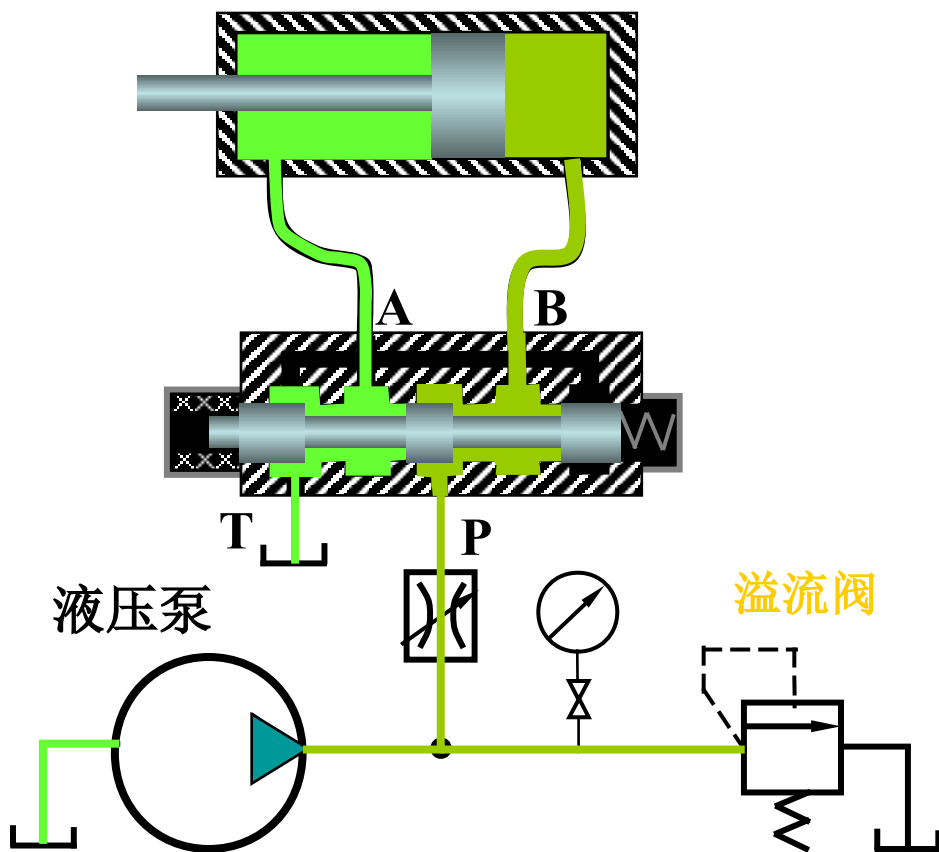


(b) 出口节流

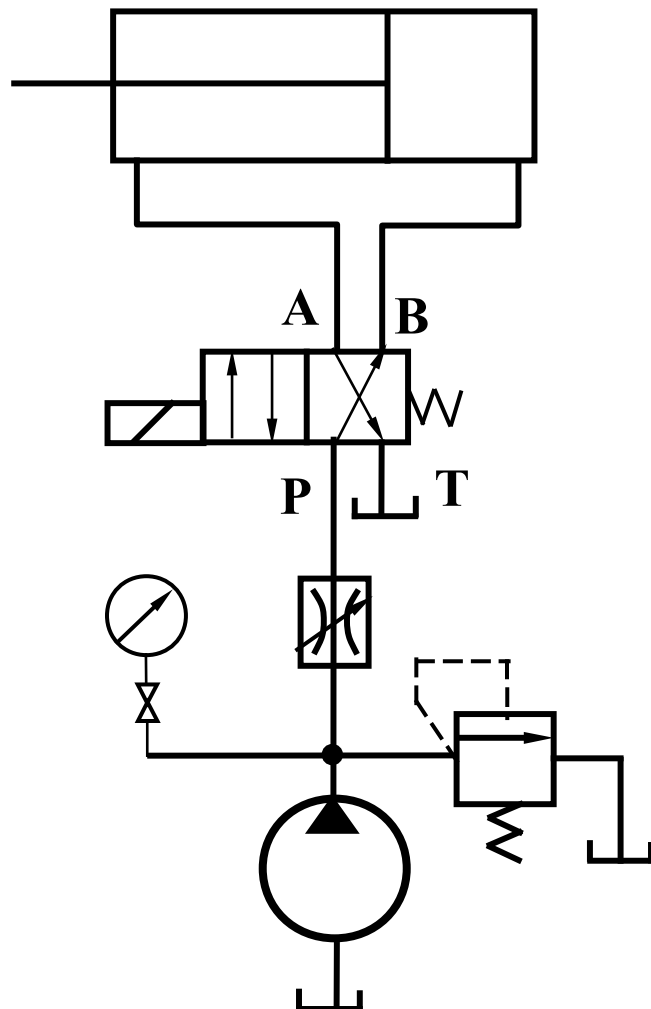
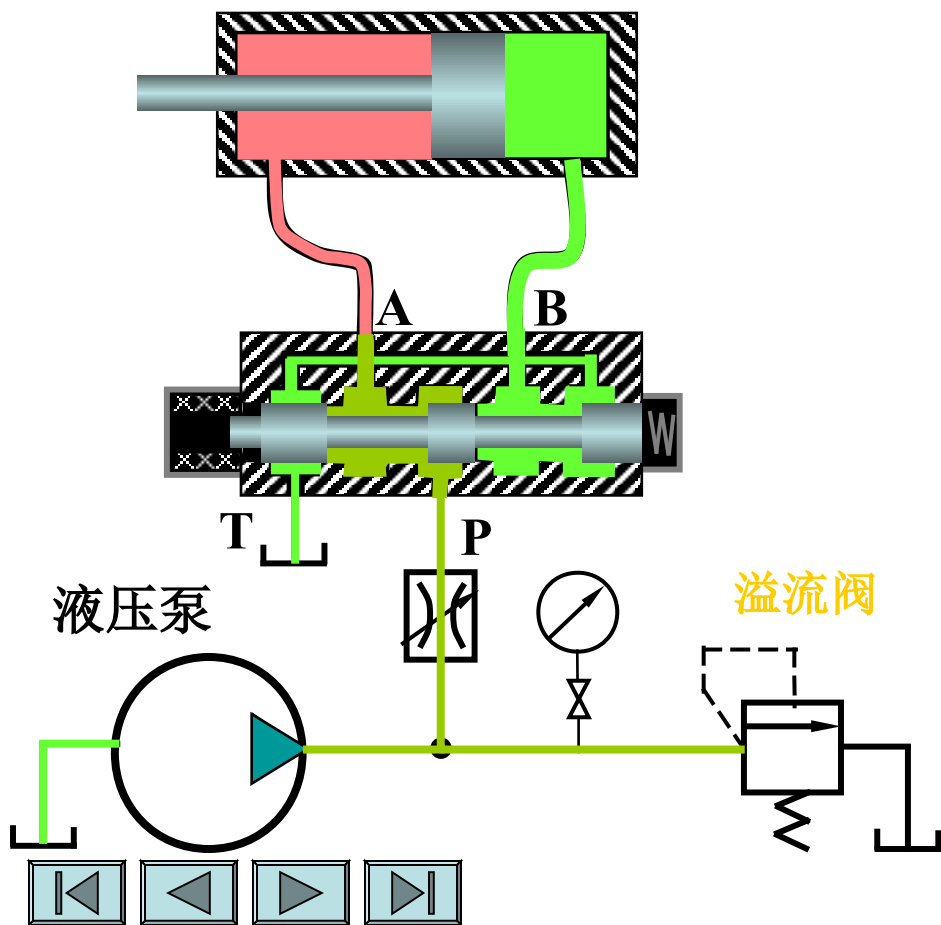


图书 4—12 比例式换向阀

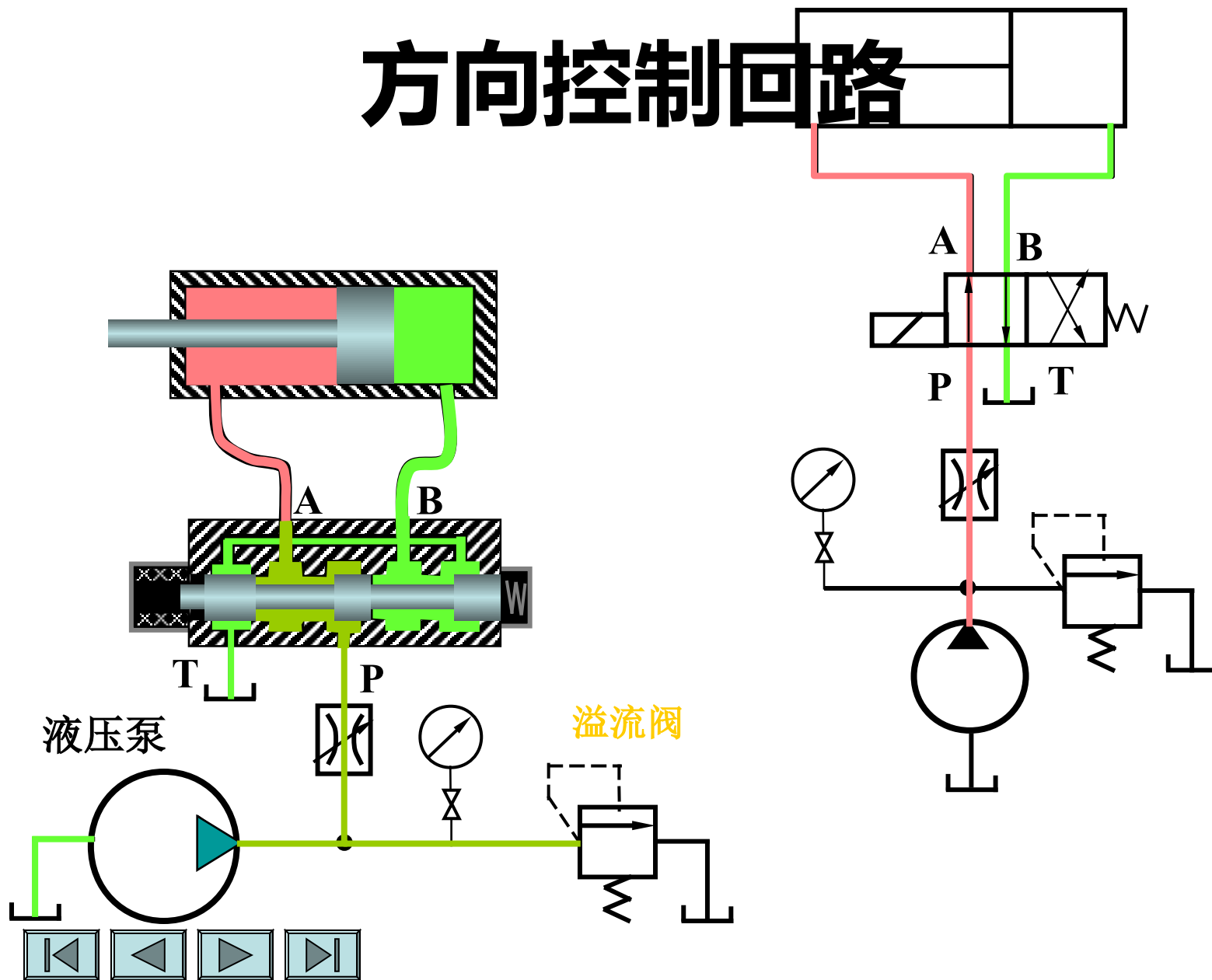
方向控制回路



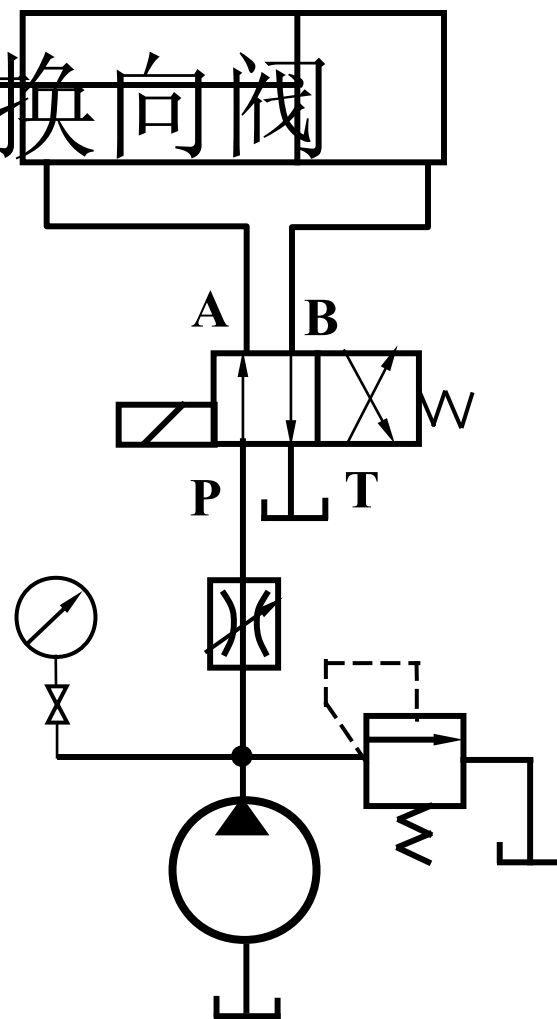
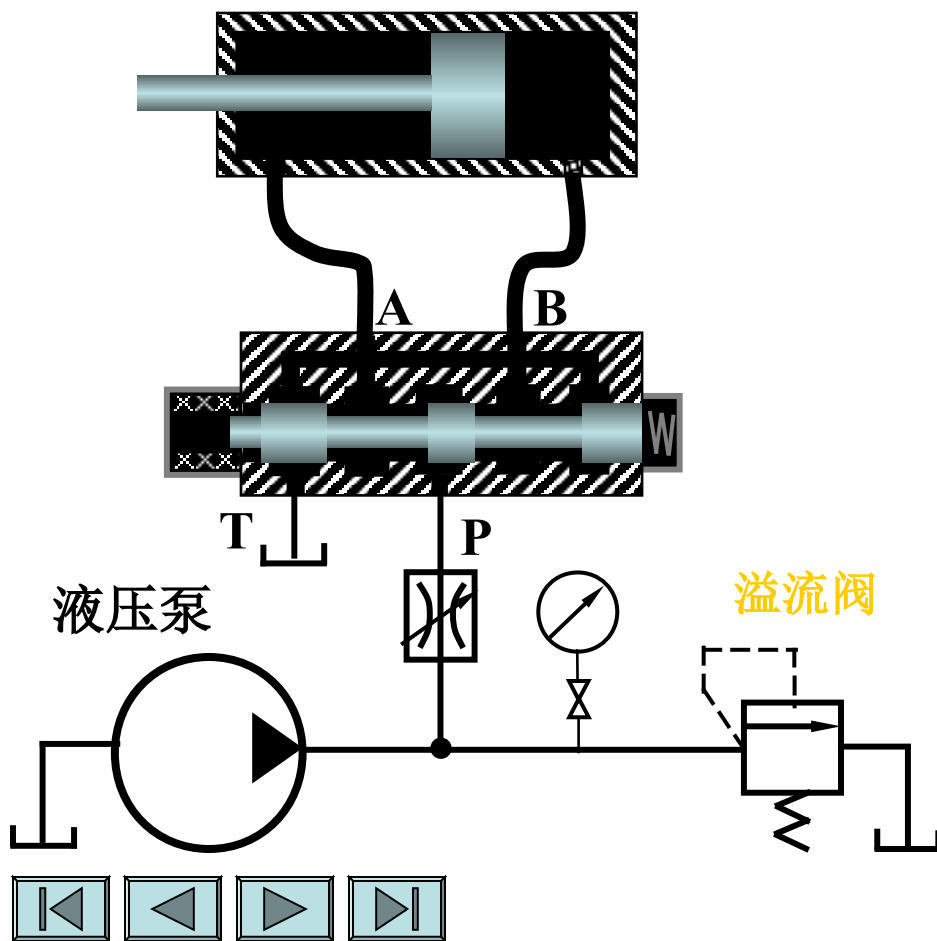
方向控制回路



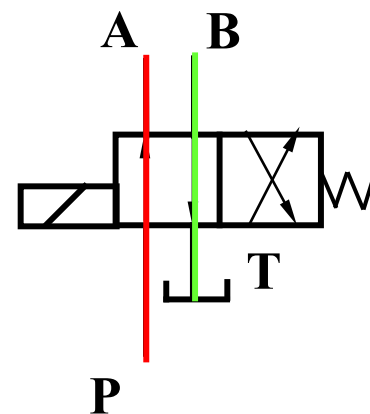
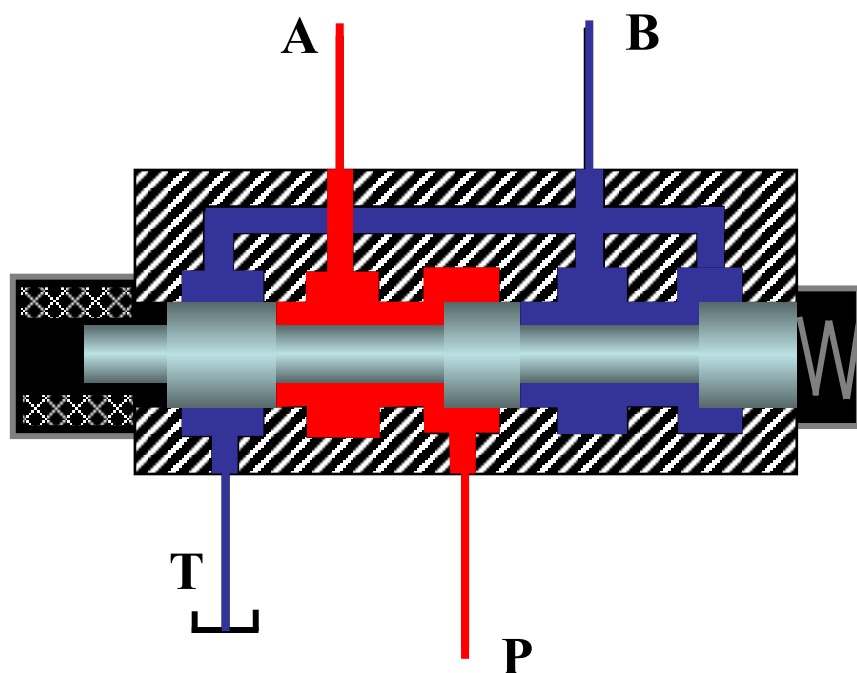
方向控制回路



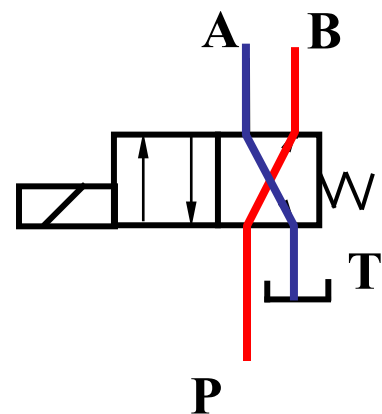
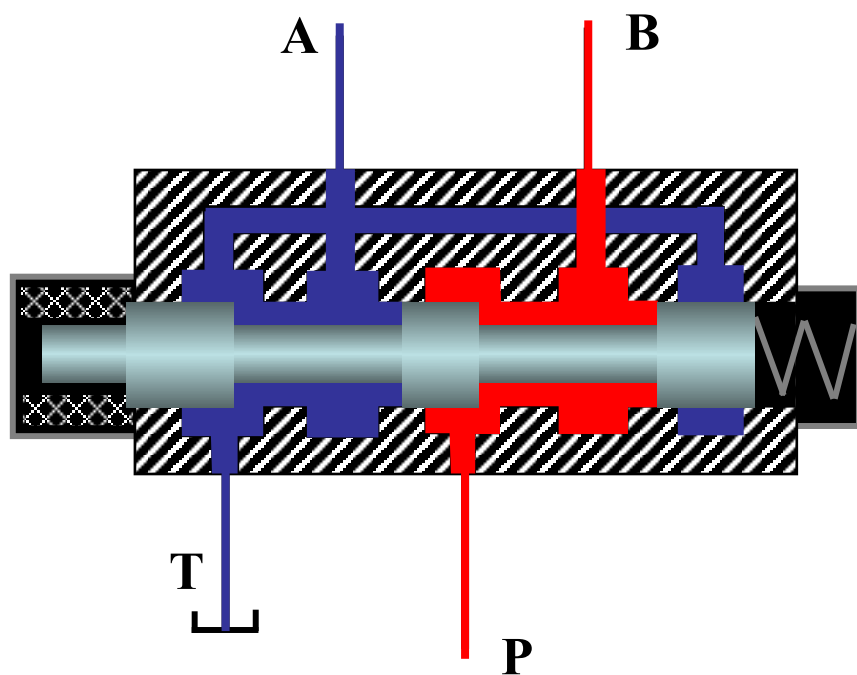
换向阀：滑阀式换向阀



换向阀：滑阀式换向阀



换向阀



4 . 1 方向控制阀（ direction control valves ）

5 . 中位机能

当液压缸或液压马达需在任何位置均可停止时，须使用 3 位阀，（即除前进端与后退端外，还有第三位置），此阀双边皆装弹簧，如无外来的推力，阀芯将停在中间位置，称此位置为中间位置，简称为中位，**换向阀中间位置各接口的连通方式称为中位机能**，各种中位机能如表 4 — 1 所示。

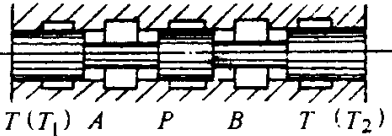
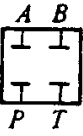
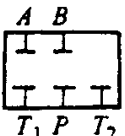
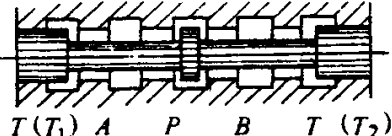
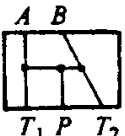
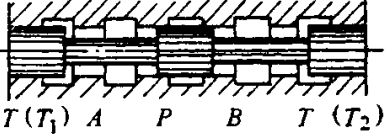
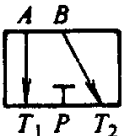
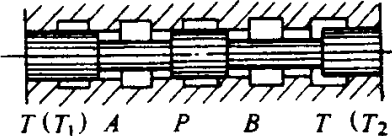
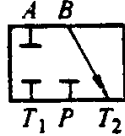
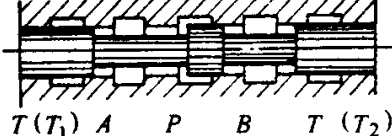
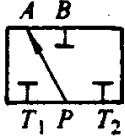
换向阀不同的中位机能，可以满足液压系统的不同要求，由表 4-1 可以看出中位机能是通过改变阀芯的形状和尺寸得到的。

在分析和选择三位换向阀的中位机能时，通常考虑以下几点：

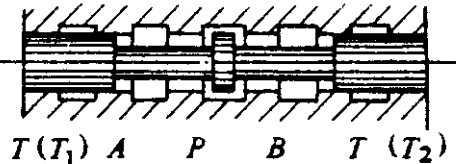
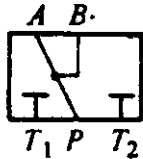
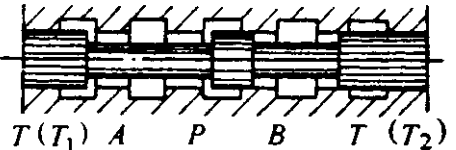
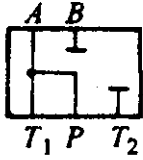
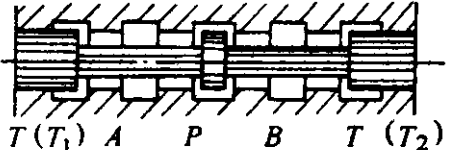
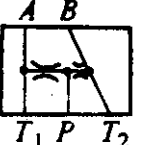
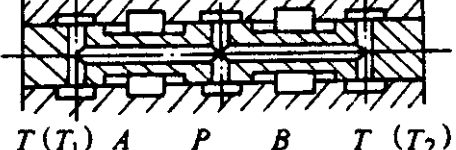
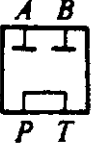
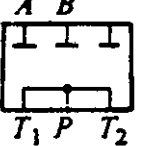
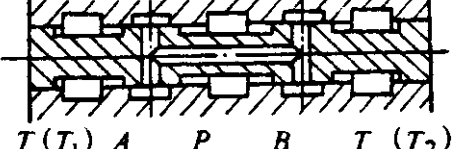
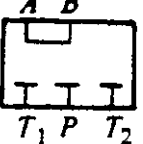


4. 1 方向控制阀 (direction control valve)

表 4-1 三位换向阀的中位机能

中位机能型式	中间位置时的滑阀状态	中间位置的符号	
		三位四通	三位五通
O	 $T(T_1) \quad A \quad P \quad B \quad T(T_2)$	 $A \quad B$ $P \quad T$	 $A \quad B$ $T_1 \quad P \quad T_2$
H	 $T(T_1) \quad A \quad P \quad B \quad T(T_2)$	 $A \quad B$ $P \quad T$	 $A \quad B$ $T_1 \quad P \quad T_2$
Y	 $T(T_1) \quad A \quad P \quad B \quad T(T_2)$	 $A \quad B$ $P \quad T$	 $A \quad B$ $T_1 \quad P \quad T_2$
J	 $T(T_1) \quad A \quad P \quad B \quad T(T_2)$	 $A \quad B$ $P \quad T$	 $A \quad B$ $T_1 \quad P \quad T_2$
C	 $T(T_1) \quad A \quad P \quad B \quad T(T_2)$	 $A \quad B$ $P \quad T$	 $A \quad B$ $T_1 \quad P \quad T_2$

4. 1 方向控制阀 (direction control valve s)

P			
K			
X			
M			
U			

滑阀的中位机能

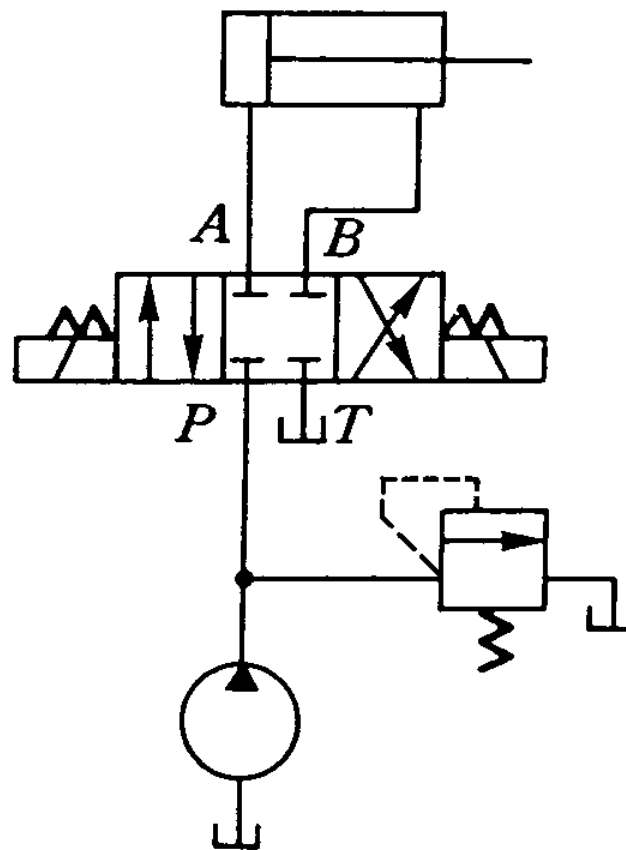
- 三位的滑阀在中位时各油口的连通方式体现了换向阀的控制机能，称之为滑阀的中位机能。

机能代号	结构原理图	中位图形符号	机能特点和作用
O			各油口全部封闭，缸两腔封闭，系统不卸荷，液压缸充满油，从静止到启动平稳；制动时运动惯性引起液压冲击较大；换向位置精度高
P			压力油P与缸两腔连通，可形成差动回路，回油口封闭。从静止到启动较平稳；制动时缸两腔均通压力油，故制动平稳；换向位置变化比H型的小，应用广泛
H			各油口全部连通，系统卸荷，缸成浮动状态。液压缸两腔接油箱，从静止到启动有冲击；制动时油口互通，故制动较O型平稳，但换向位置变动大
Y			油泵不卸荷，缸两腔通回油，缸成浮动状态。由于缸两腔接油箱，从静止到启动有冲击，制动性能介于O型与H型之间
K			油泵卸荷，液压缸一腔封闭一腔接回油。两个方向换向时性能不同
M			油泵卸荷，缸两腔封闭，从静止到启动较平稳；制动性能与O型相同；可用于油泵卸荷液压缸锁紧的液压回路中
X			各油口半开启接通，P口保持一定的压力；换向性能介于O型和H型之间

4. 1 方向控制阀（direction control valves）

5. 中位机能

- 1) 系统保压 中位为“O”型，如图4-13所示，P口被堵塞时，此时油需从溢流阀流回油箱，**增加功率消耗；但是液压泵能用于多缸系统。**



4. 1 方向控制阀 (direction control valve s)

2) 系统卸荷：中位 “ M ” 型，图 4 — 14 所示，当方向阀于中位时，因 P、T 口相通，泵输出的油液不经溢流阀即可流回油箱，由于直接接油箱，所以泵的输出压力近似为零，也称泵卸荷，减少功率损失。

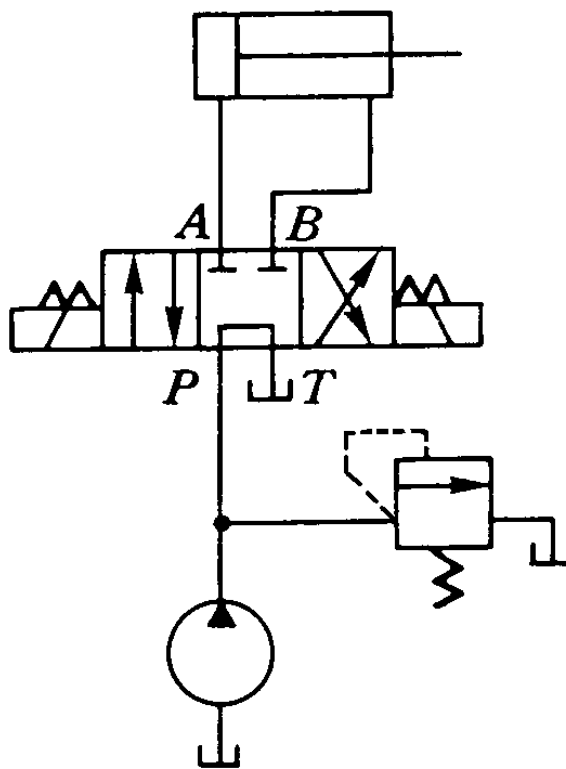


图4—14 换向阀中位 M 型

3) 液压缸快进：中位 “ P ” 型，图 4 — 15 所示，当换向阀于中位时，因 P、A、B 相通，故可用作差动。

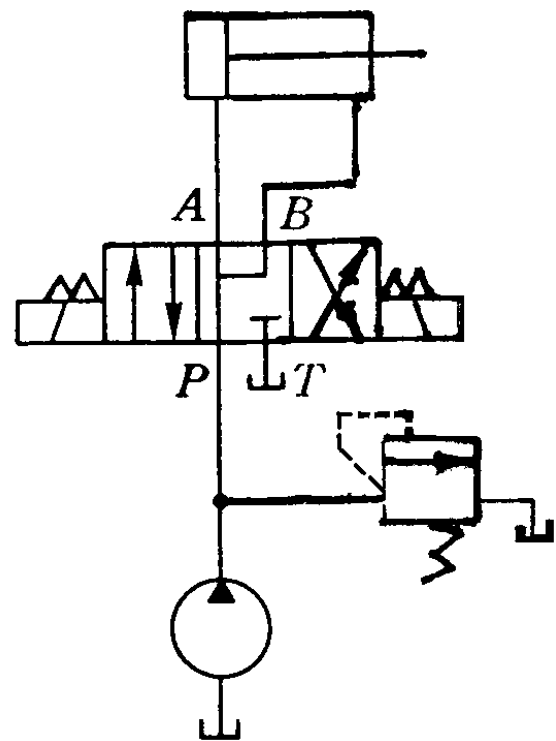
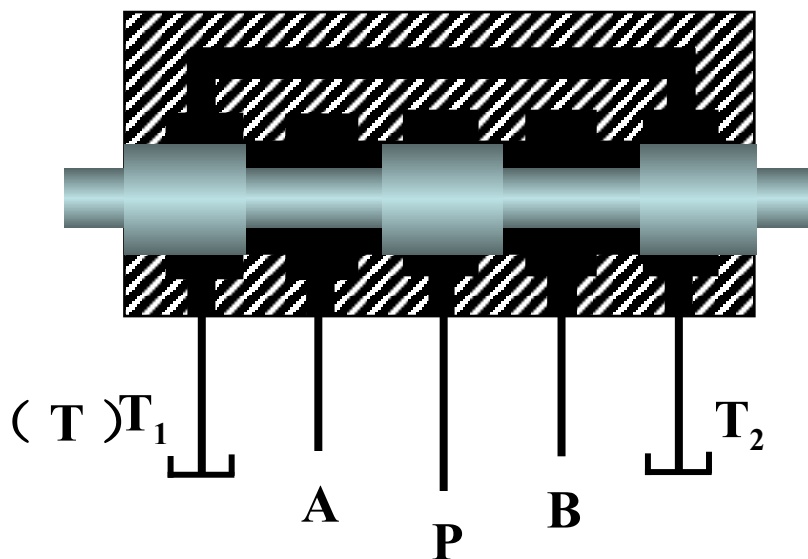


图4—15 换向阀中位 P 型

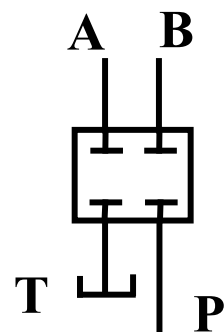


换向阀

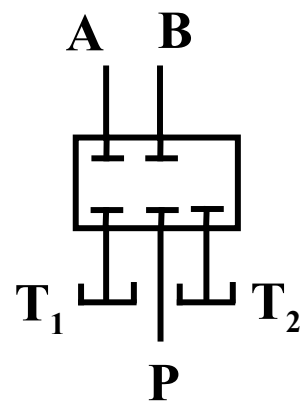
(O 型)



三位四通

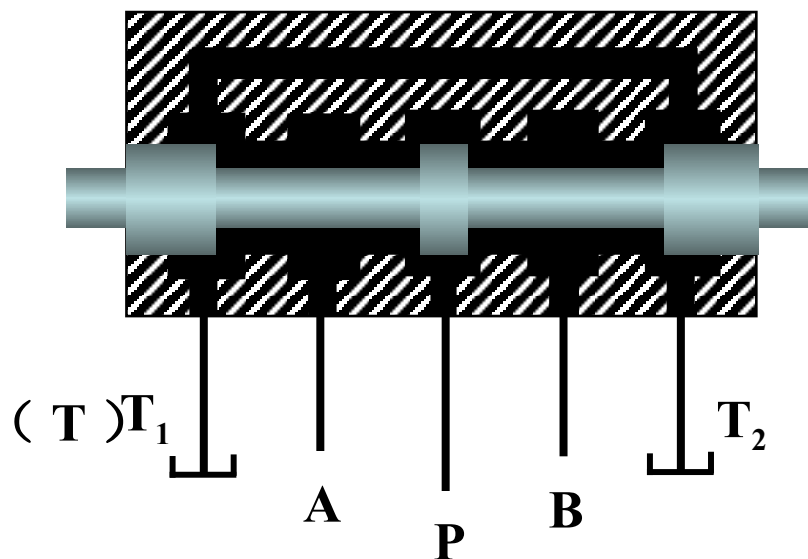


三位五通

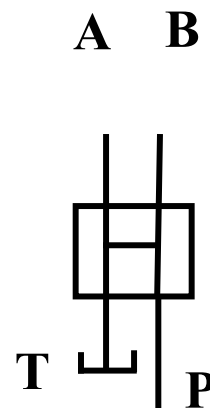


换向阀

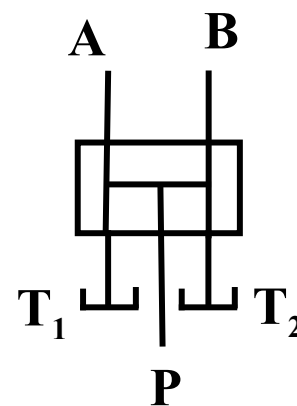
(H 型)



三位四通

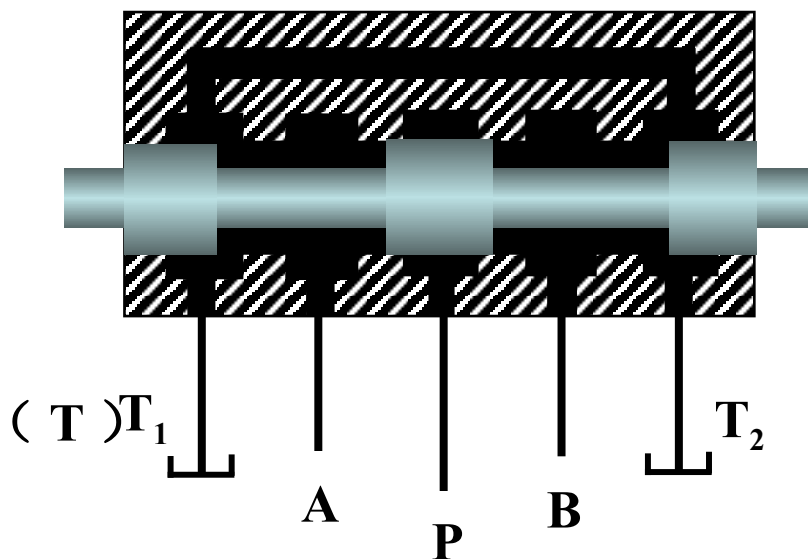


三位五通

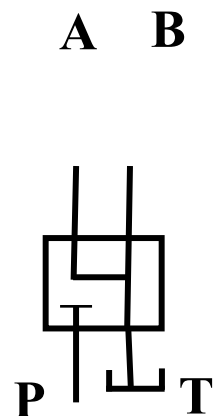


换向阀

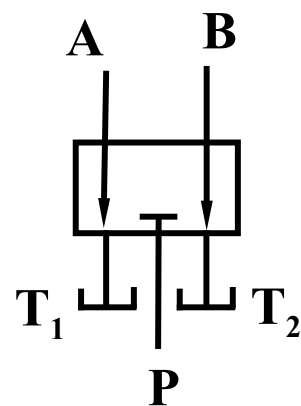
(Y 型)



三位四通

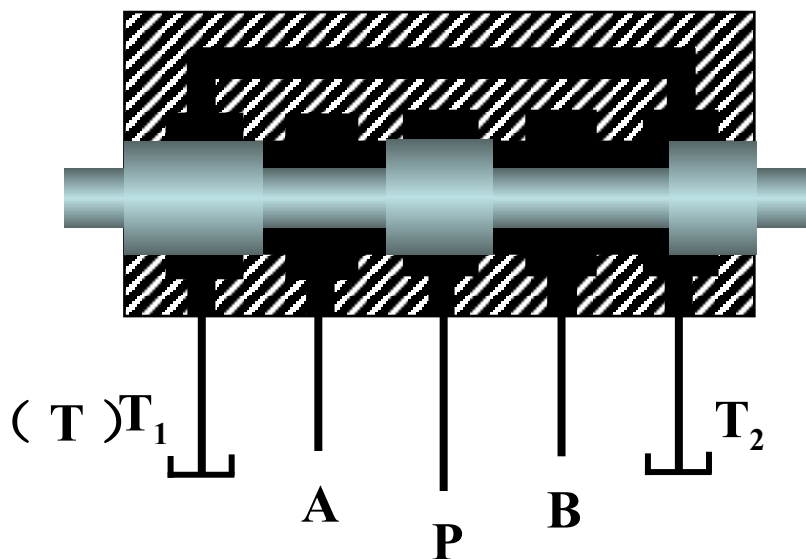


三位五通

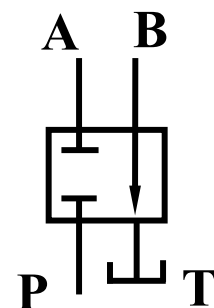


换向阀

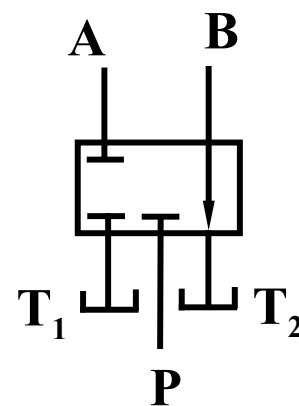
(J 型)



三位四通

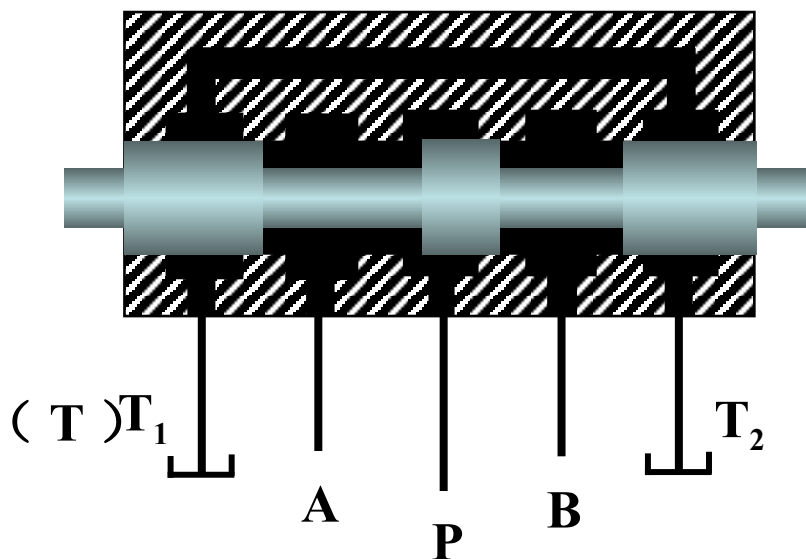


三位五通

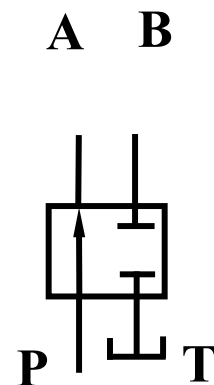


换向阀

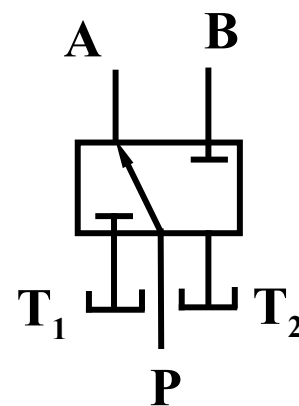
(C 型)



三位四通

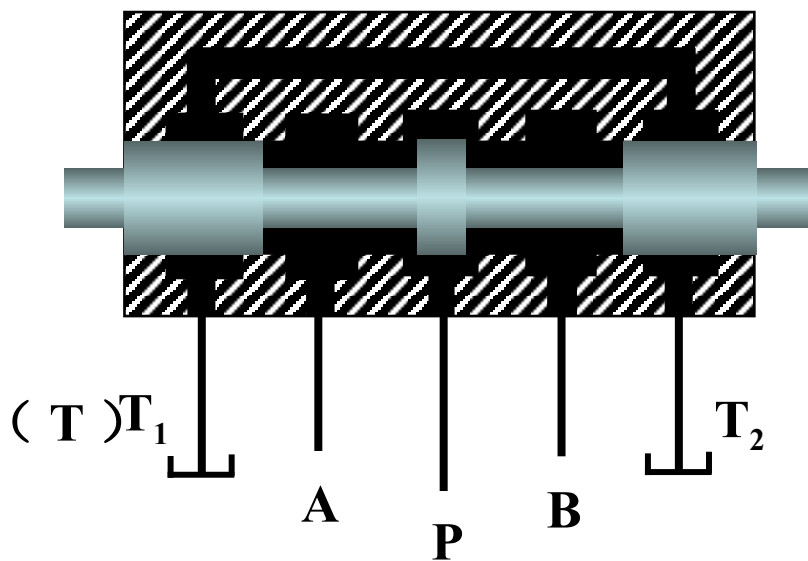


三位五通

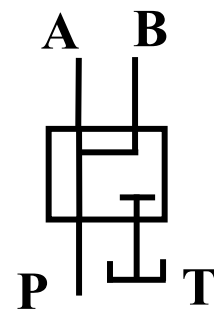


换向阀

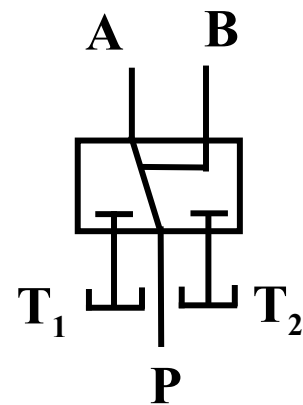
(P 型)



三位四通

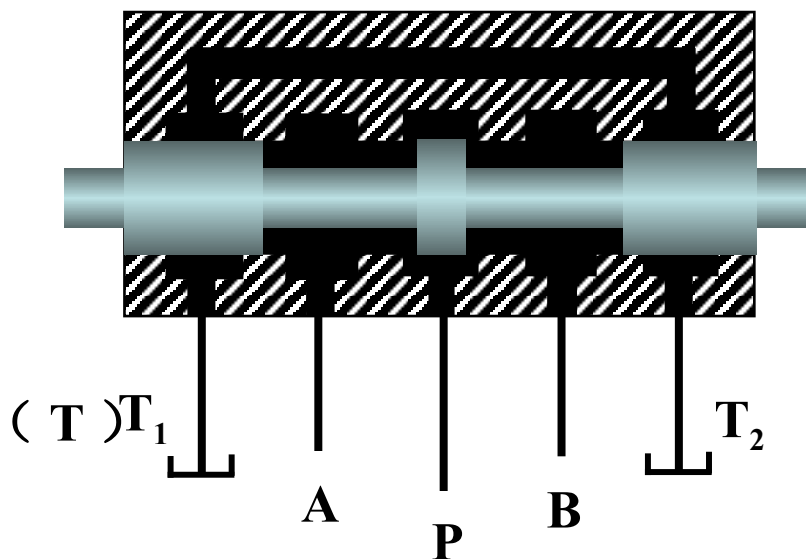


三位五通

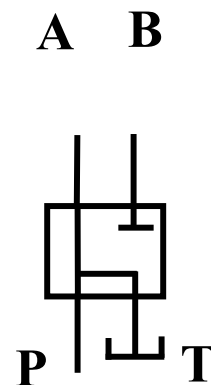


换向阀

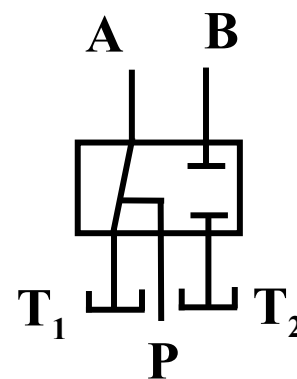
(K 型)



三位四通

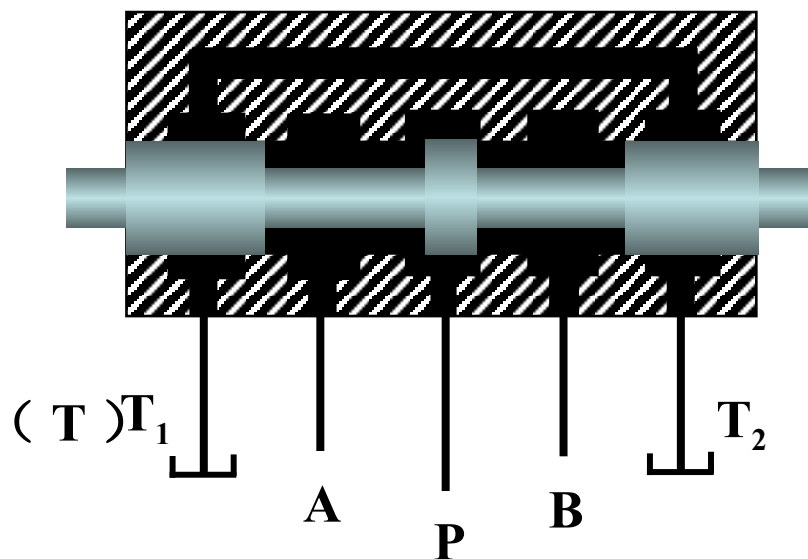


三位五通

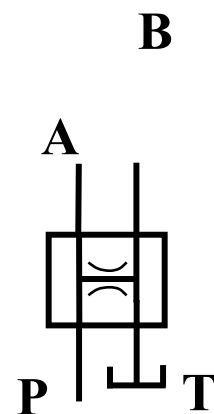


换向阀

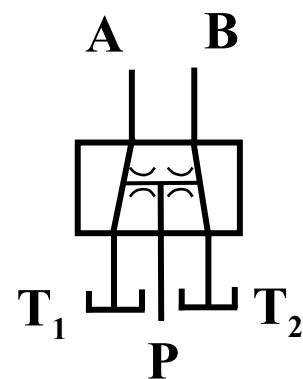
(X 型)



三位四通

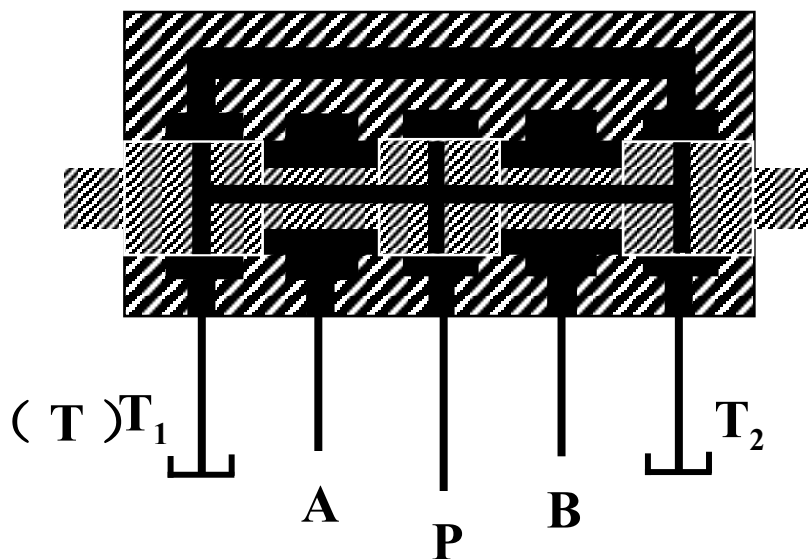


三位五通



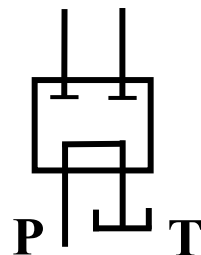
换向阀

(M 型)



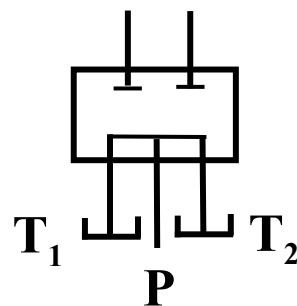
三位四通

A B



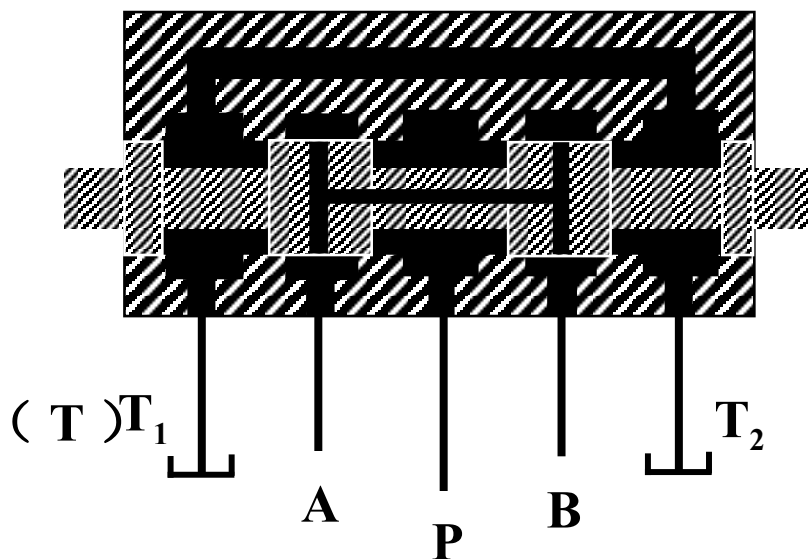
三位五通

A B

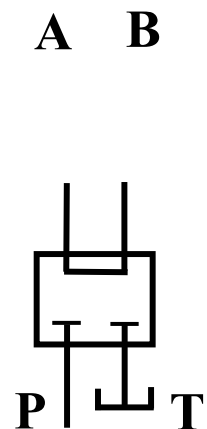


换向阀

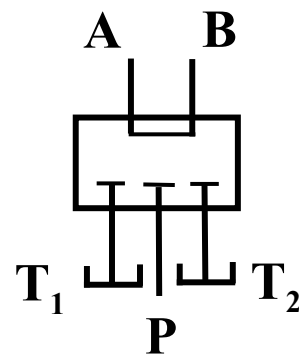
(U 型)



三位四通



三位五通



4 . 2 压力控制阀及其应用

在液压传动系统中，控制液压油压力高低的液压阀称之为压力控制阀，这类阀的共同点主要是利用在阀芯上的液压力和弹簧力相平衡的原理来工作的。

4 . 2 . 1 溢流阀及其应用

当液压执行元件不动时，由于泵排出的油无处可去而成一密闭系统，理论上压力将一直增至无限大，实际上压力将增至液压元件破裂为止，此时电机为维持定转速运转，输出电流将无限增大至电机烧掉为止；前者使液压系统破坏，液压油四溅；后者会引起火灾；因此要绝对避免，防止方法就是在执行元件不动时，提供一条旁路使液压油能经此路回到油箱，它就是“溢流阀（Relief valve）”，其主要用途有二个：

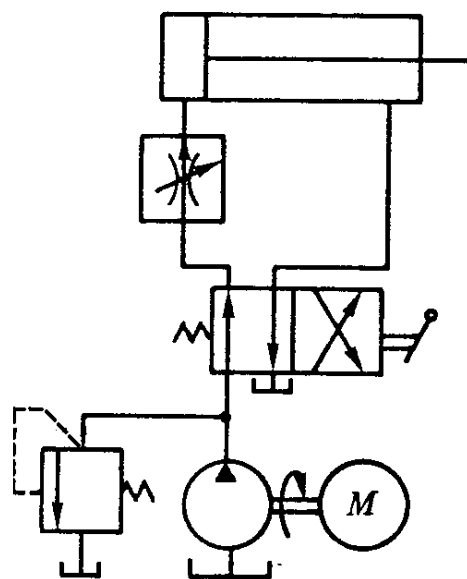


4.2 压力控制阀及其应用

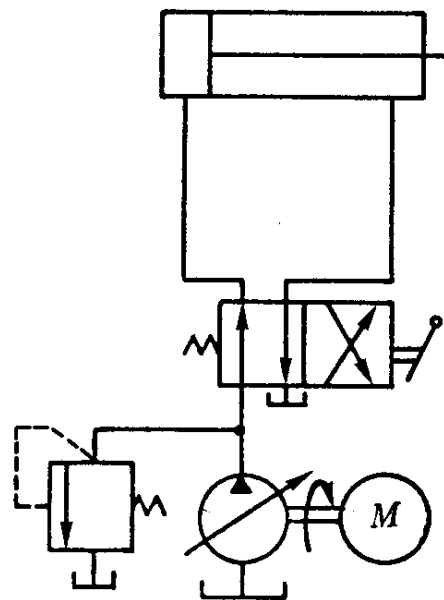
“溢流阀（Relief valve）”，其主要用途有二个：

1) **作溢流阀用**：在定量泵的液压系统中如图4—16（a）所示，常利用流量控制阀调节进入液压缸的流量，多余的压力油可经溢流阀流回油箱，这样可使泵的工作压力保持定值。

2) **作安全阀用**：图4—16（b）所示液压系统，在正常工作状态下，溢流阀是关闭的，只有在系统压力大于其调整压力时，溢流阀才被打开溢流，对系统起过载保护作用。

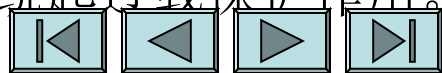


(a)



(b)

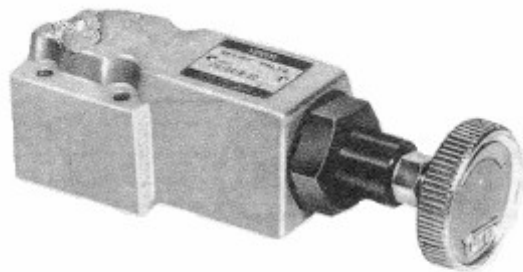
图4—16 溢流阀的作用



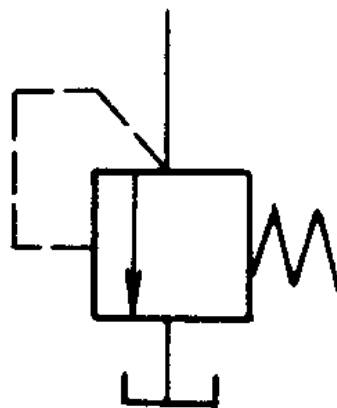
4. 2 压力控制阀及其应用

1. 溢流阀结构及分类

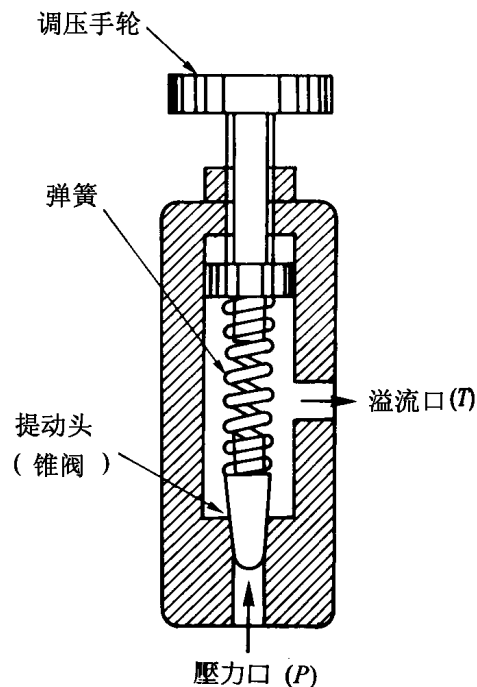
1) 直动型溢流阀 (Spring loaded type relief valve) 结构如图 4 — 17b 所示，压力由弹簧设定，当油的压力超过设定值时，提动头上移，油液就从溢流口流回油箱，并使进油压力等于设定压力。由于压力为弹簧直接设定，一般当安全阀使用。图 4 — 17c 为直动式溢流阀的职能符号。



a) 外观



c)

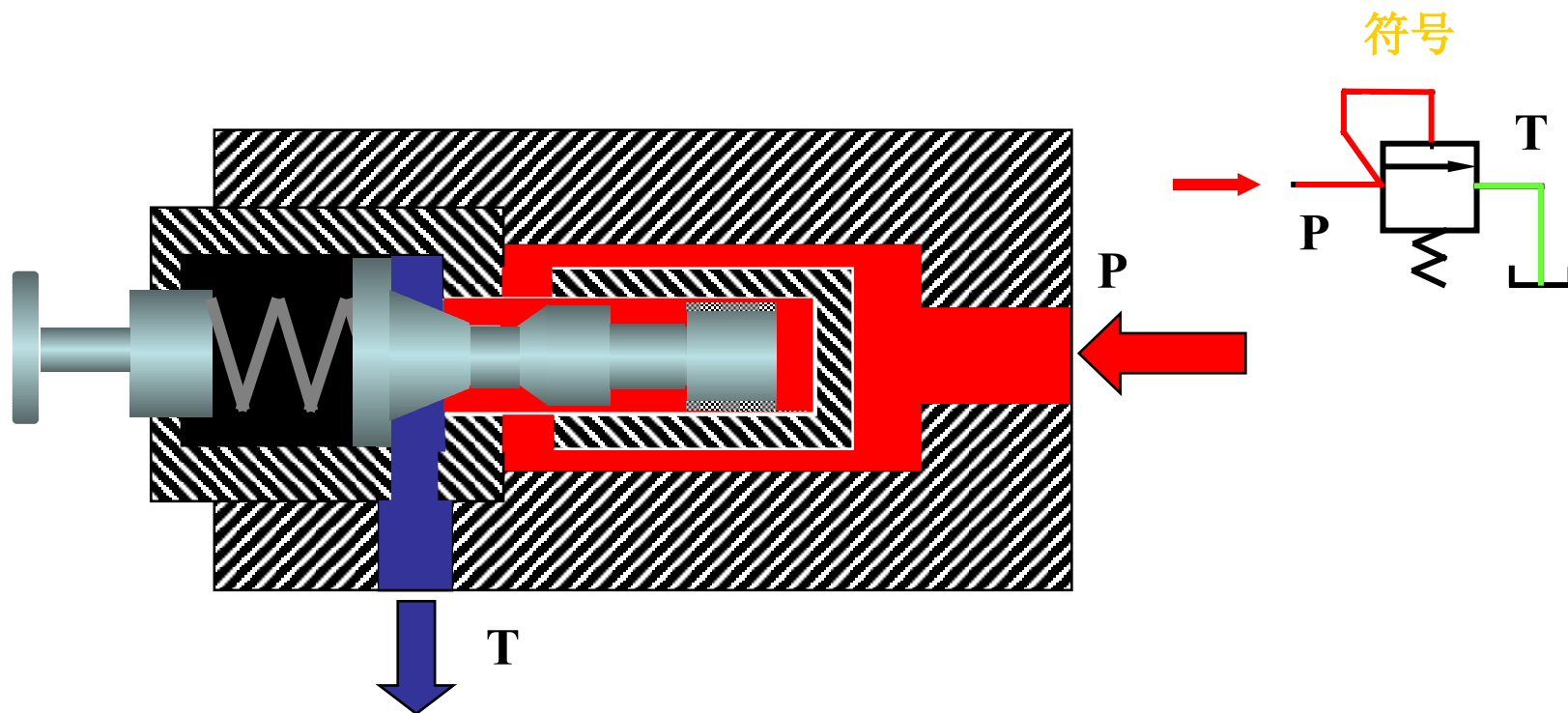


(b) 结构

4—17直动型溢流阀

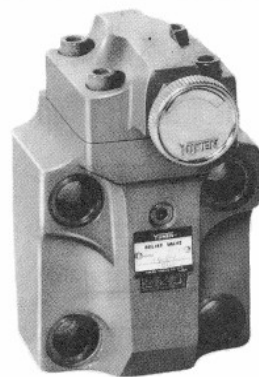
压力控制回路

- 直动型溢流阀

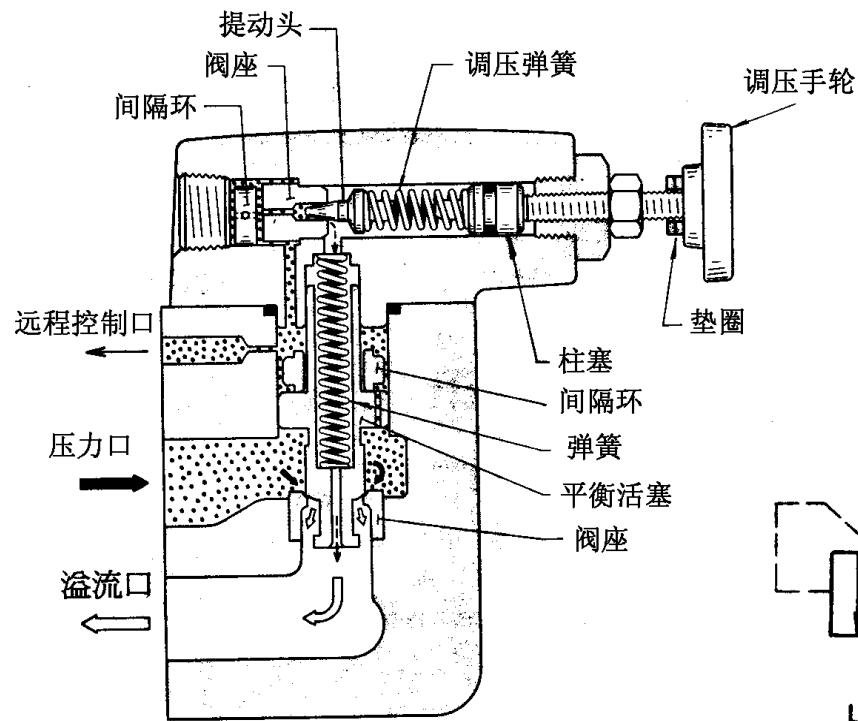


4. 2 压力控制阀及其应用

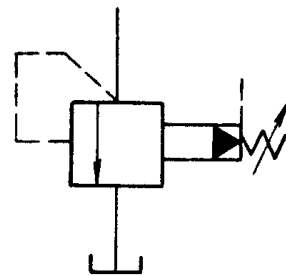
2) 先导型溢流阀
(Pilot operated relief valve) : 结构如图 4 — 18 所示, 由主阀和先导阀两部分组成, 主要特点是利用主阀平衡活塞上下两腔油液压力差和弹簧力相平衡。



a) 外观



b) 内部结构



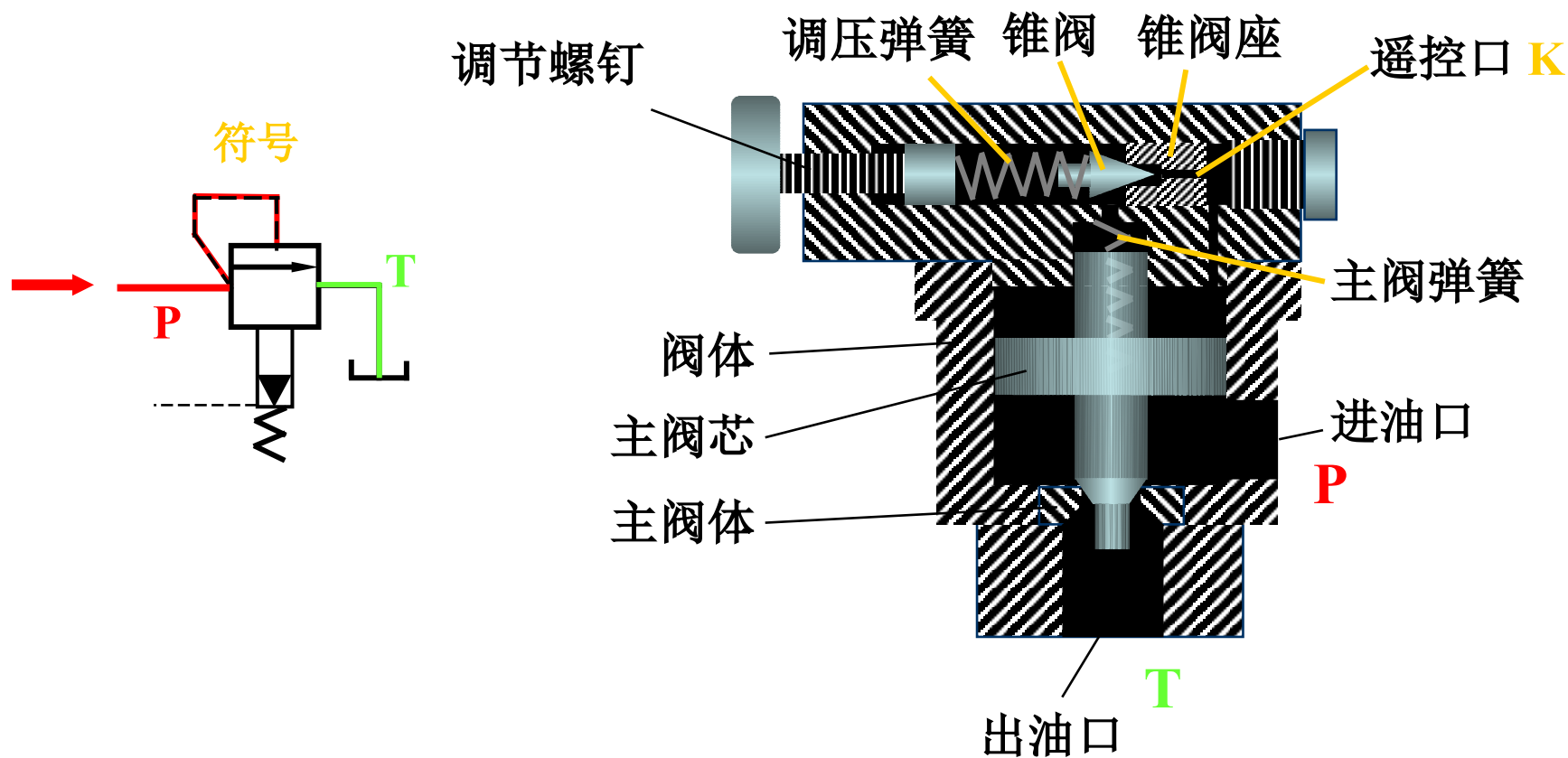
c) 职能符号

图4—18先导式溢流阀



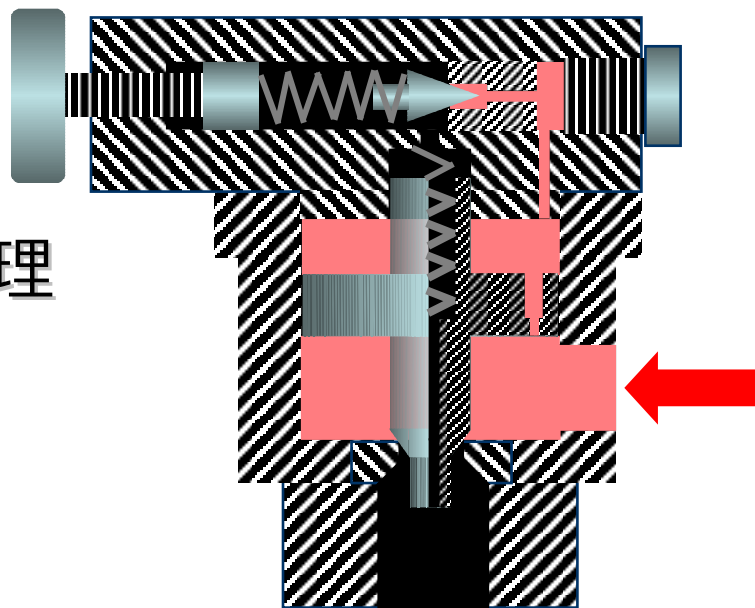
压力控制回路

- 先导型溢流阀



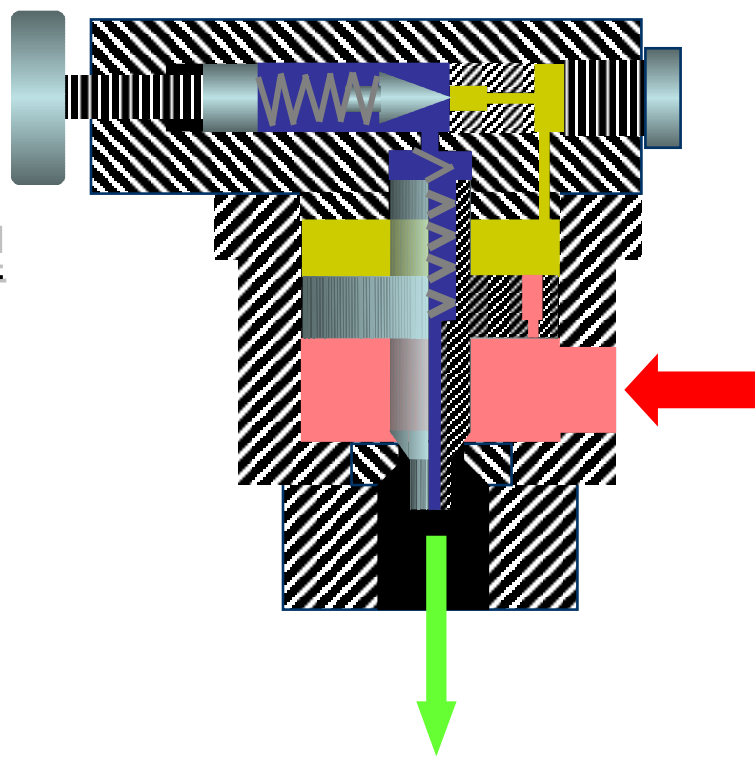
压力控制回路

- 先导型溢流阀工作原理



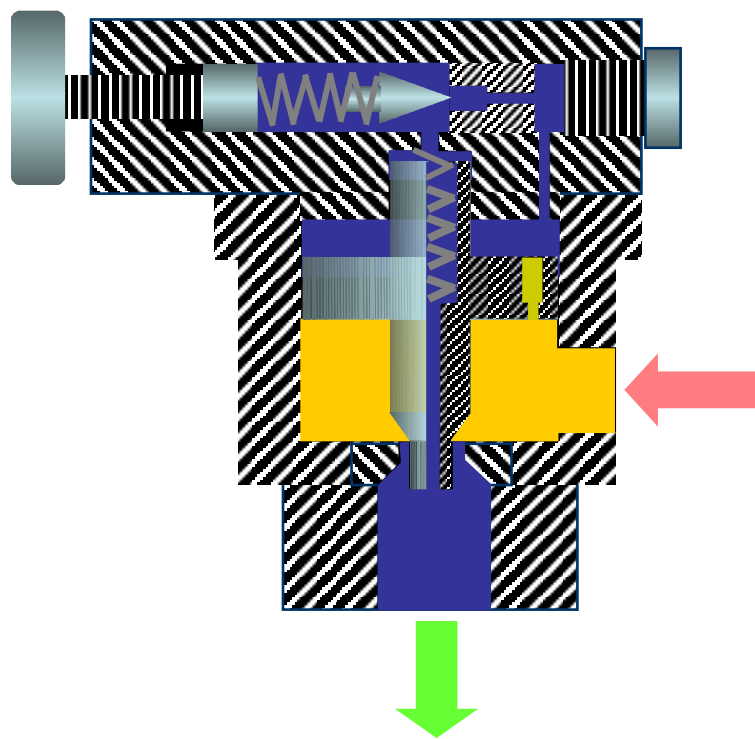
压力控制回路

- 先导型溢流阀工作原理



压力控制回路

- 先导型溢流阀工作原理



4 . 2 压力控制阀及其应用

2 . 溢流阀的应用：除了图 4 — 16 （ a ）所示作溢流阀用在回路中起调压作用、图 4 — 16 （ b ）所示作安全阀用外，还有下列用途：

- 1) 远程压力控制回路：从较远距离的地方来控制泵工作压力的回路，图 4 — 19 所示回路压力调定是由遥控溢流阀（ remote control relief valves ）所控制，回路压力维持在 3MPa 。遥控溢流阀的调定压力一定要低于主溢流阀调定压力，否则等于将主溢流阀引压口堵塞。

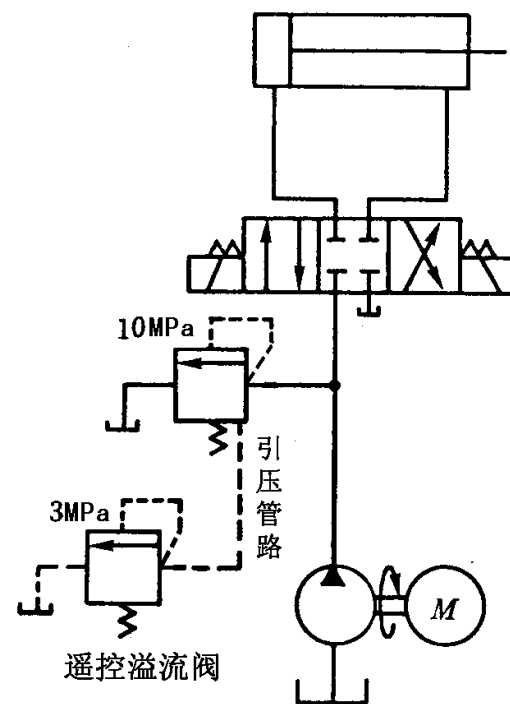


图 4 — 19 用溢流阀作遥控回路

4. 2 压力控制阀及其应用

2. 溢流阀的应用

：除了图 4 — 16 (a) 所示作溢流阀用在回路中起调压作用、图 4 — 16

(b) 所示作安全阀用外，还有下列用途：

2) 多级压力切换回路：如图 4 — 20 利用电磁换向阀可调出三种回路压力，注意最大压力一定要在主溢流阀上设

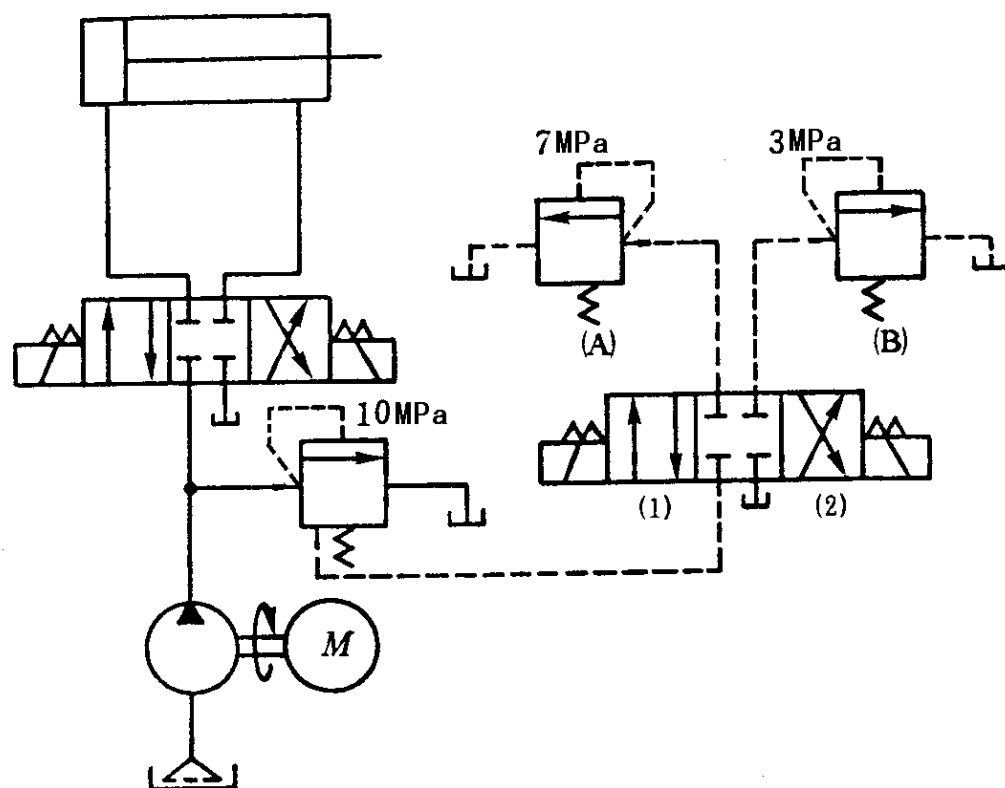


图4—20 三段压力调压回路

4. 2 压力控制阀及其应用

4. 2. 2 减压阀及其应用

当回路内有两个以上液压缸，其中之一需要较低的工作压力，同时其它的液压缸仍需高压运作时，此刻就得用减压阀

（Reducing valve）提供一较系统压力为低的压力给低压缸。

1. 减压阀结构及工作原理

：减压阀有直动型和先导型两种，图4—21所示，为先导型减压阀，由主阀和先导阀组成，先导阀负责调定压力，主阀负责减压作用。

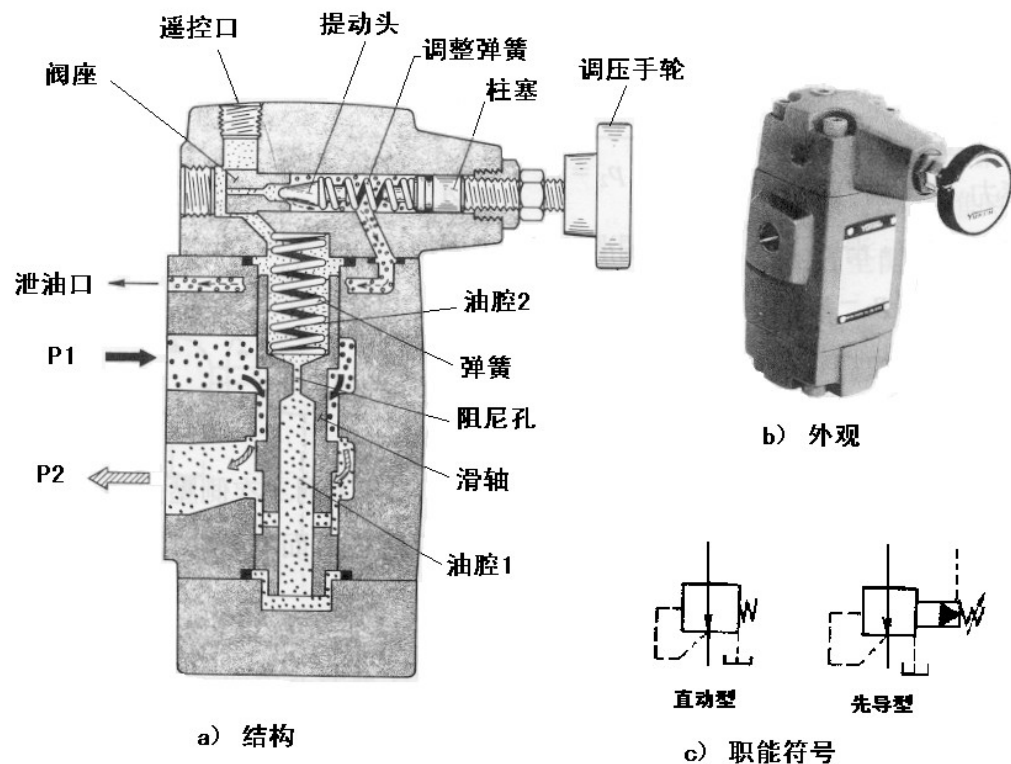
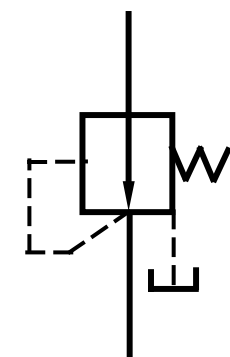
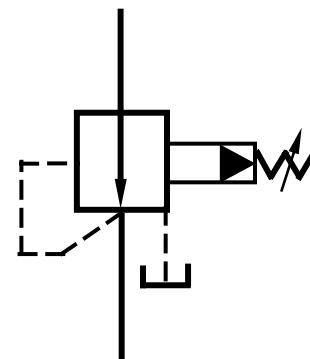
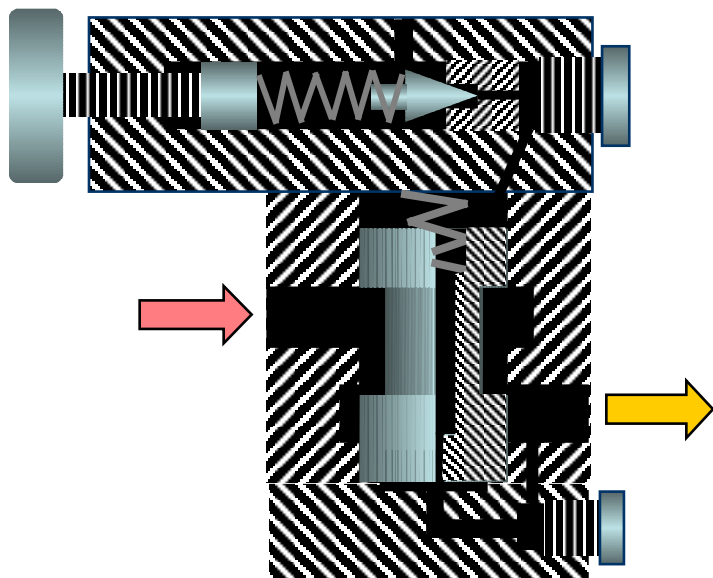


图4—21 先导型减压阀



压力控制回路

- 减压阀



4. 2 压力控制阀及其应用

2. 减压阀的应用

1) 减压回路：图4—22为减压回路，不管回路压力多高，A缸压力决不会超过3MPa。

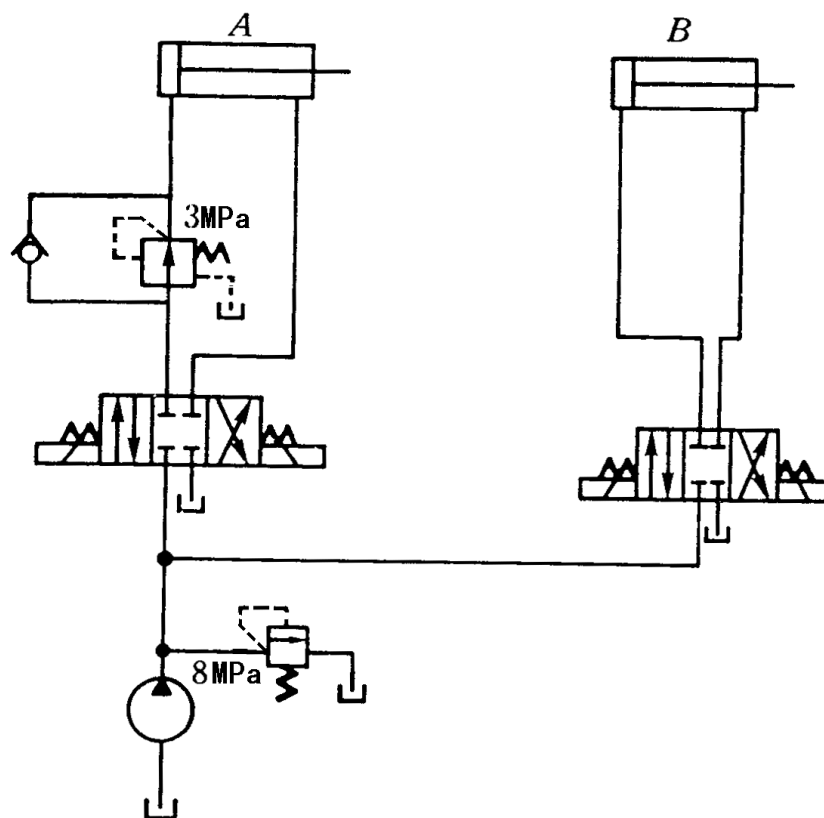
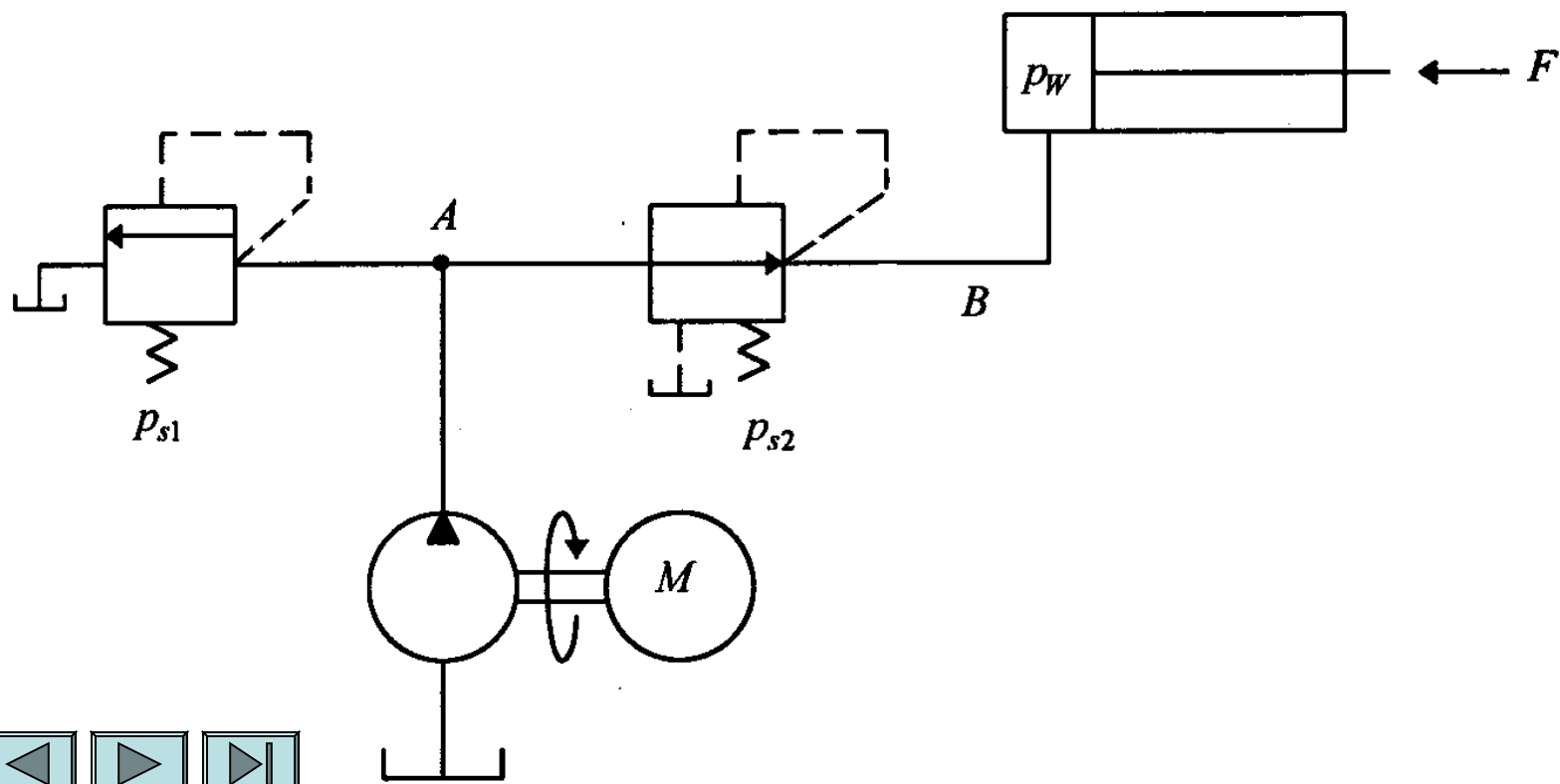


图4—22 减压回路

4. 2 压力控制阀及其应用

例题 1：如图 4－23 所示，溢流阀调定压力 $p_{s1}=4.5\text{MPa}$ ，减压阀的调定压力 $p_{s2}=3\text{MPa}$ ，活塞前进时，负荷 $F=1000\text{N}$ ，活塞面积 $A=20 \times 10^{-4}\text{m}^2$ ，减压阀全开时的压力损失及管路损失忽略不计，求：

- (1) 活塞在运动时和到达尽头时，A、B 两点的压力。
- (2) 当负载 $F=7000\text{N}$ 时，A、B 两点的压力是多少？



4 . 2 压力控制阀及其应用

4 . 2 . 3 顺序阀及其应用

1 . **顺序阀的结构及动作原理**：顺序阀（sequence valve）是使用在一个液压泵要供给两个以上液压缸依一定顺序动作场合的一种压力阀。

顺序阀的构造及其动作原理类似溢流阀，有直动式和先导式两种，目前较常用直动式。顺序阀与溢流不同的是：**出口直接接执行元件，另外有专门的泄油口**。

2 . 顺序阀的应用

1) **用于顺序动作回路**：图 4 - 24

所示为一定位与夹紧回路，其前进的动作顺序是先定位后夹紧，后退是同时退后。

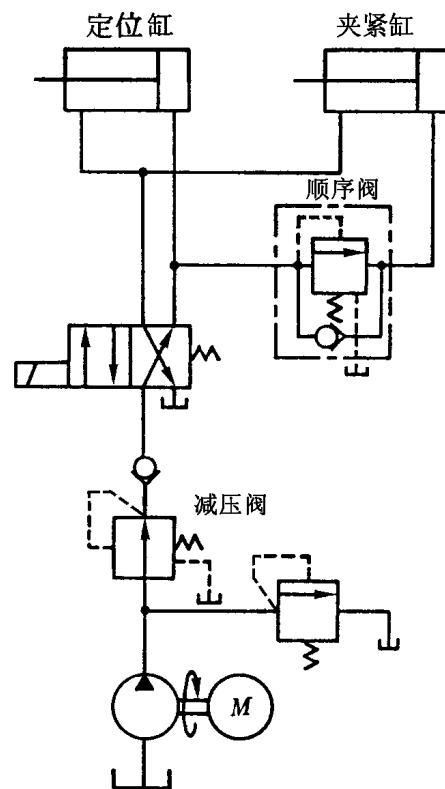


图4—24利用顺序阀的顺序动作回路

4 . 2 压力控制阀及其应用

- 2) **起平衡阀的作用：**在大形压床上由于压柱及上模很重，为防止因自重而产生的自走现象，必须加装平衡阀（顺序阀），如图 4 — 25 所示。

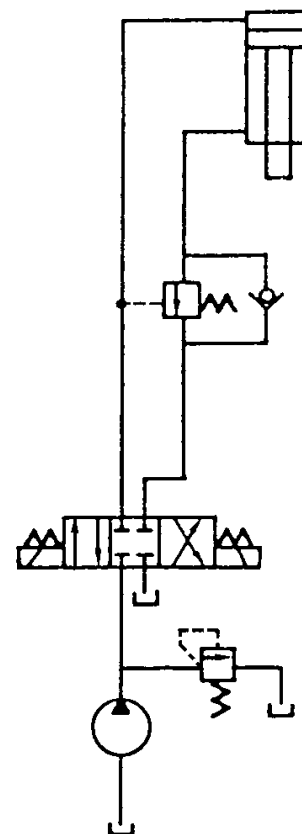
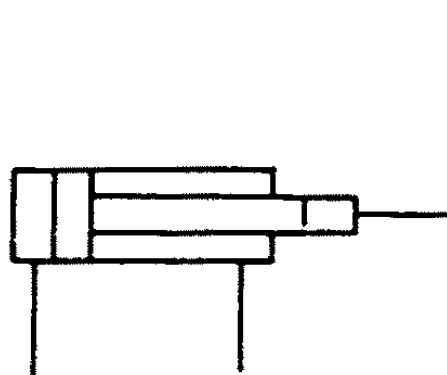


图4—25 平衡回路

4. 2 压力控制阀及其应用

4. 2. 4 **增压器及其应用**：回路内有三个以上液压缸，其中之一需要较高的工作压力，同时其它的液压缸仍用较低的压力，此时即可用增压器（Booster）提供高压给那特定的液压缸；或是在液压缸进到底时，不用泵而增压时用，如此可使用低压泵产生高压，以降低成本。图4—26为增压器动作原理及符号。



(a) 符号

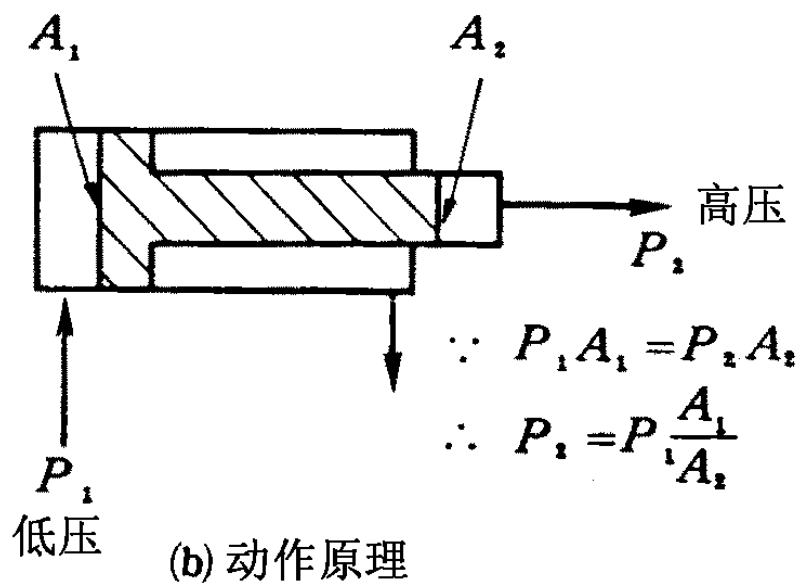
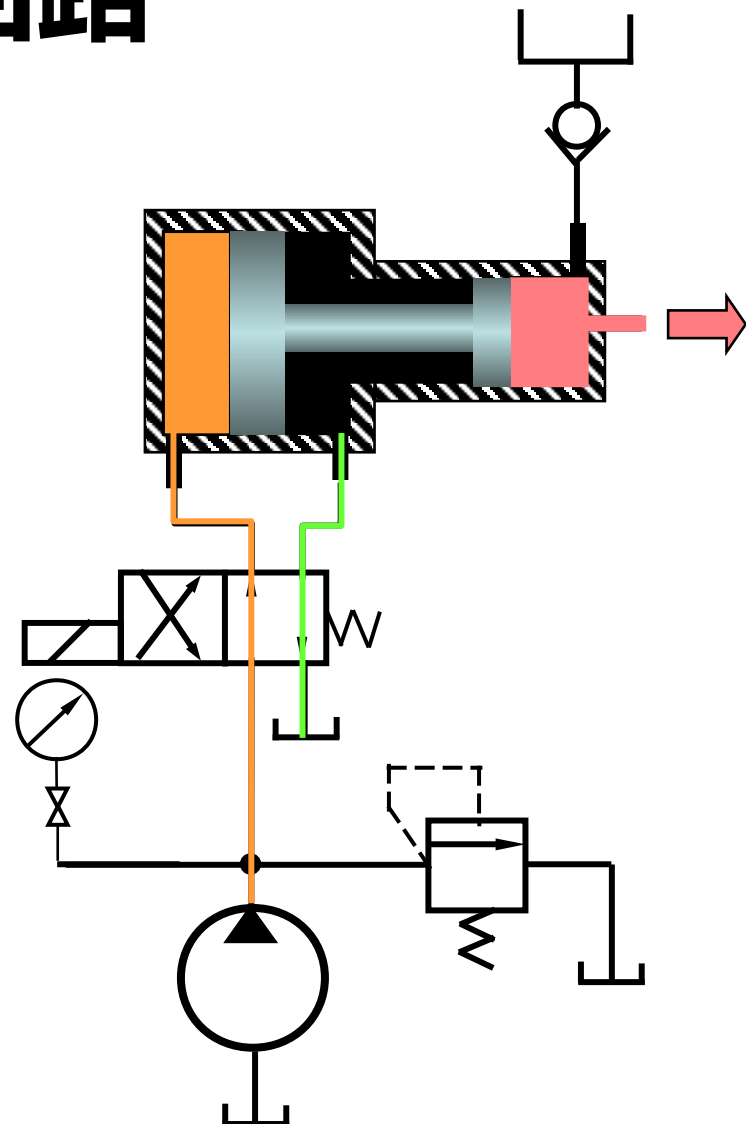


图4—26 增压缸

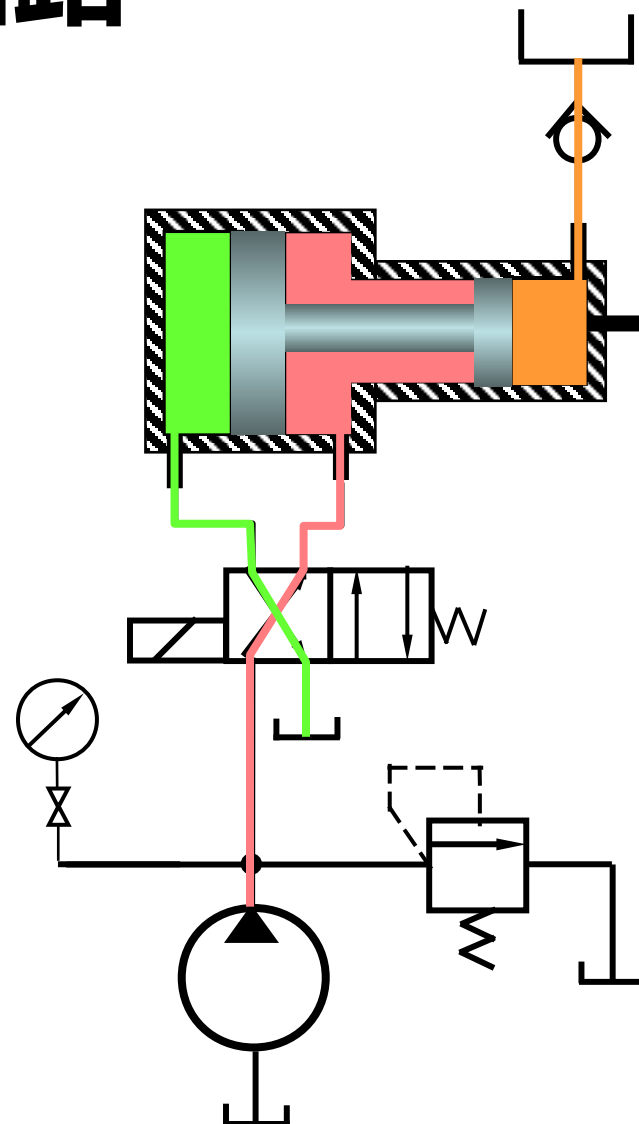
压力控制回路

- 增压回路 -1



压力控制回路

- 增压回路 -2



4 . 2 压力控制阀及其应用

4 . 2 . 4 增压器及其应用：图 4—27 所示为增压应用例子，当液压缸不需高压时，由顺序阀来截断增压器的进油；当液压缸进到底时压力升高，油又经顺序阀进入增压器提高液压缸的推力，图中减压阀是用来控制增压器的输入压力。

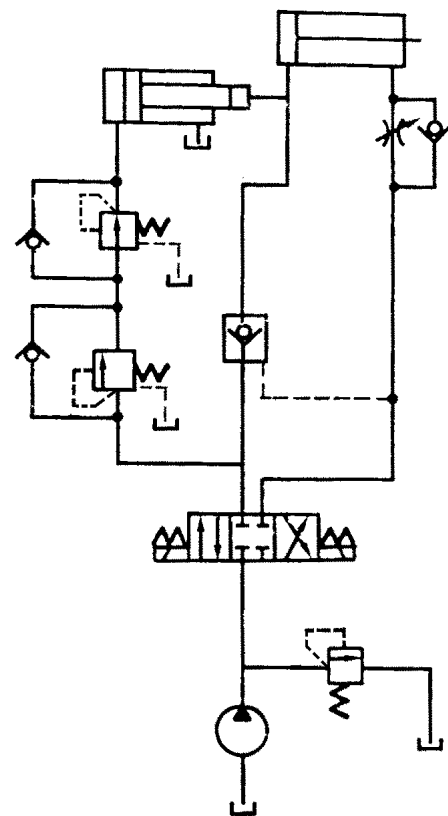
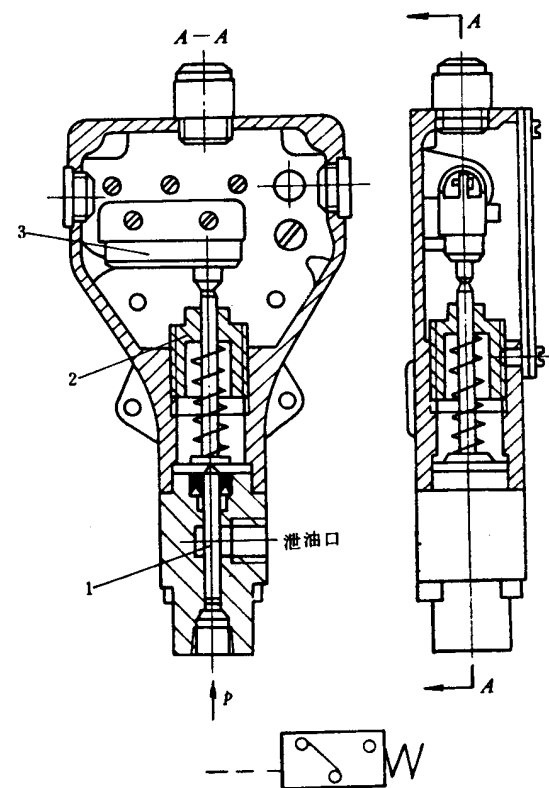


图 4—27 增压回路

4 . 2 压力控制阀及其应用

4 . 2 . 5 压力继电器：是一种将液压系统的压力信号转换为电信号输出的元件。其作用是，根据液压系统压力的变化，通过压力继电器内的微动开关，自动接通或断开电气线路，实现执行元件的顺序控制或安全保护。



4 . 2 压力控制阀及其应用

4 . 2 . 5 压力继电器：是一种将液压系统的压力信号转换为电信号输出的元件。其作用是，根据液压系统压力的变化，通过压力继电器内的微动开关，自动接通或断开电气线路，实现执行元件的顺序控制或安全保护。

压力继电器按结构特点可分为**柱塞式、弹簧管式和膜片式**等。图 4 — 28 为单触点柱塞式压力继电器，主要零件包括柱塞 1、调节螺帽 2 和电气微动开关 3。如图所示，压力油作用在柱塞的下端，液压力直接与上端弹簧力相比较。当液压力大于或等于弹簧力时，柱塞向上移压下微动开关触头，接通或断开电气线路。当液压力小于弹簧力时，微动开关触头复位。显然，柱塞上移将引起弹簧的压缩量增加，因此压下微动开关触头的压力（开启压力）与微动开关复位的压力（闭合压力）存在一个差值，此差值对压力继电器的正常工作是必要的，但不易过大。



4 . 2 压力控制阀及其应用

4 . 2 . 5 压力继电器：是一种将液压系统的压力信号转换为电信号输出的元件。其作用是，根据液压系统压力的变化，通过压力继电器内的微动开关，自动接通或断开电气线路，实现执行元件的顺序控制或安全保护。

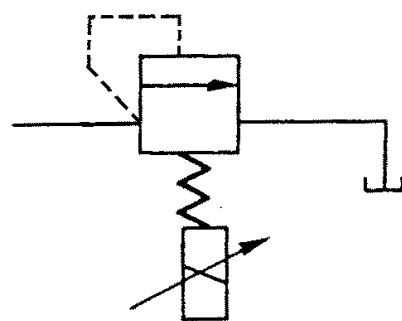


4. 2 压力控制阀及其应用

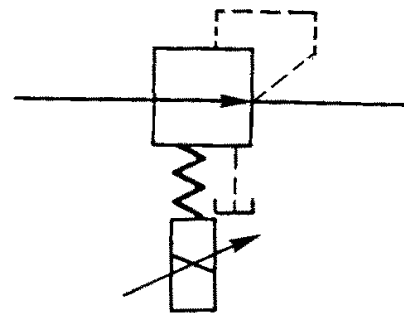
4. 2. 6 比例式压力阀

前面所述的压力阀都需用手动调整的方式来作压力设定，若应用时碰到需经常调整压力或需多级调压的液压系统，则回路设计将变得非常复杂，操作时只要稍不注意就会产生失控状态。若回路要有多段压力用传统作法则需多个压力阀与方向阀；但亦可只用一个比例式压力阀和控制电路来产生多段压力。

比例式压力阀（Proportional Pressure Valve）基本上是以电磁线圈所产生的电磁力，来取代传统压力阀上的弹簧设定压力，由于电磁线圈产生的电磁力是和电流的大小成正比，所以控制线圈电流就能得到所要的压力；可以无级调压，而一般的压力阀仅能调出特定的



a) 比例式溢流阀



b) 比例式减压阀



图4—29 比例式压力阀

4 . 3 流量控制阀及其应用

液压系统在工作时，常需随工作状态的不同而以不同的速度工作，只要控制流量就控制了速度；无论那一种流量控制阀，内部一定有节流阀的构造，因此节流阀可说是最基本的流量控制阀了。

4 . 3 . 1 速度控制的概念

1 . 对液压执行元件而言，控制“流入执行元件的流量”或“流出执行元件的流量”都可控制执行元件的速度。

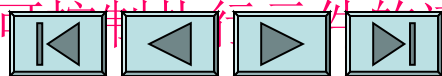
液压缸活塞移动速度： $v = \frac{Q}{A}$

液压马达的转速： $n = \frac{Q}{q}$

式中：Q — 流入执行元件的流量

A — 液压缸活塞的有效工作面积

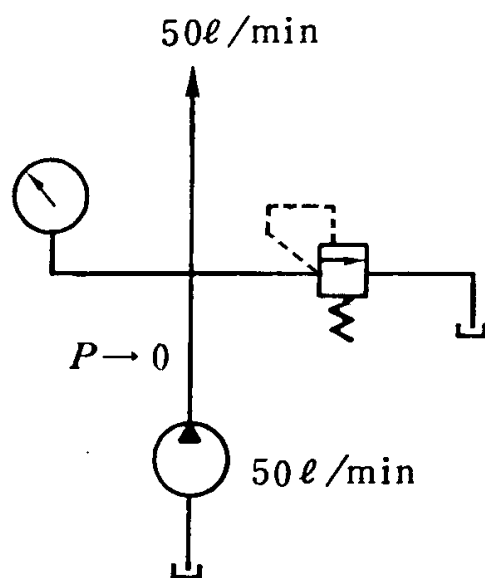
q — 液压马达的排量



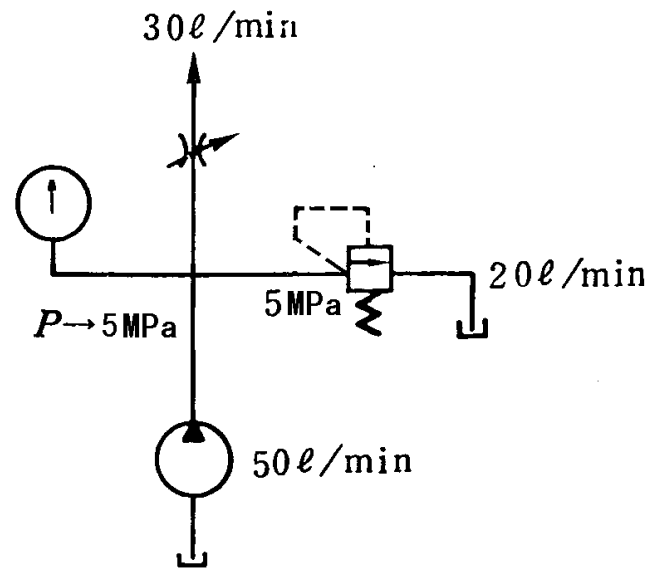
4.3 流量控制阀及其应用

2. 任何液压系统都要有泵，不管执行元件的推力、速度如何变化，定量泵的输出流量永远是固定不变的，所谓速度控制或控制流量只是使流入执行元件之流量小于泵的流量而已，故常将其称为节流调速。

图 4—30 所示说明定量泵在无负载且设回路无压力损失的状况下，其节流前后的差异；节流前泵打出的油全进入回路，此时泵输出压力趋近于零；节流后泵 50L/min 的流量才有 30L/min 能进入回路，虽然其压力趋近于零，但是剩余的 20L/min 得经溢流阀流回油箱，若将溢流阀压力设定为 5MPa，此时就算是没有负载，系统压力仍将会大于 4MPa，也就是说不管负载的大小如何，只要作了速度控制，则泵的输出压力将会趋近溢流阀的设定压力，趋近的程度由节流量的多少与负载大小来决定。



(a) 无节流



(b) 有节流



4. 3 流量控制阀及其应用

4. 3. 2 节流阀：节流阀（Throttle valve）

是根据第1章中孔口与阻流管原理所作出的，图4-31为节流阀的结构，油液由入口进入，经滑轴上的节流口后，由出口流出。调整手轮使滑轴轴向移动，以改变节流口节流面积的大小，从而改变流量大小达到调速的目的。图中油压平衡用孔道在于减小作用于手轮上的力，使滑轴上下油压平衡。

图4-32为单向节流阀，与普通节流阀不同的是：只能控制一个方向的流量大小，而在另一个方向则无节流作用。

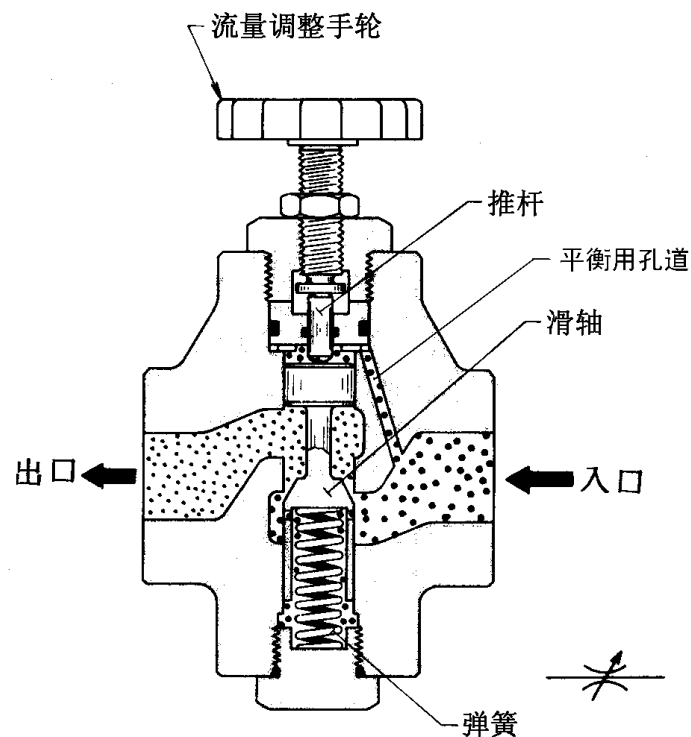
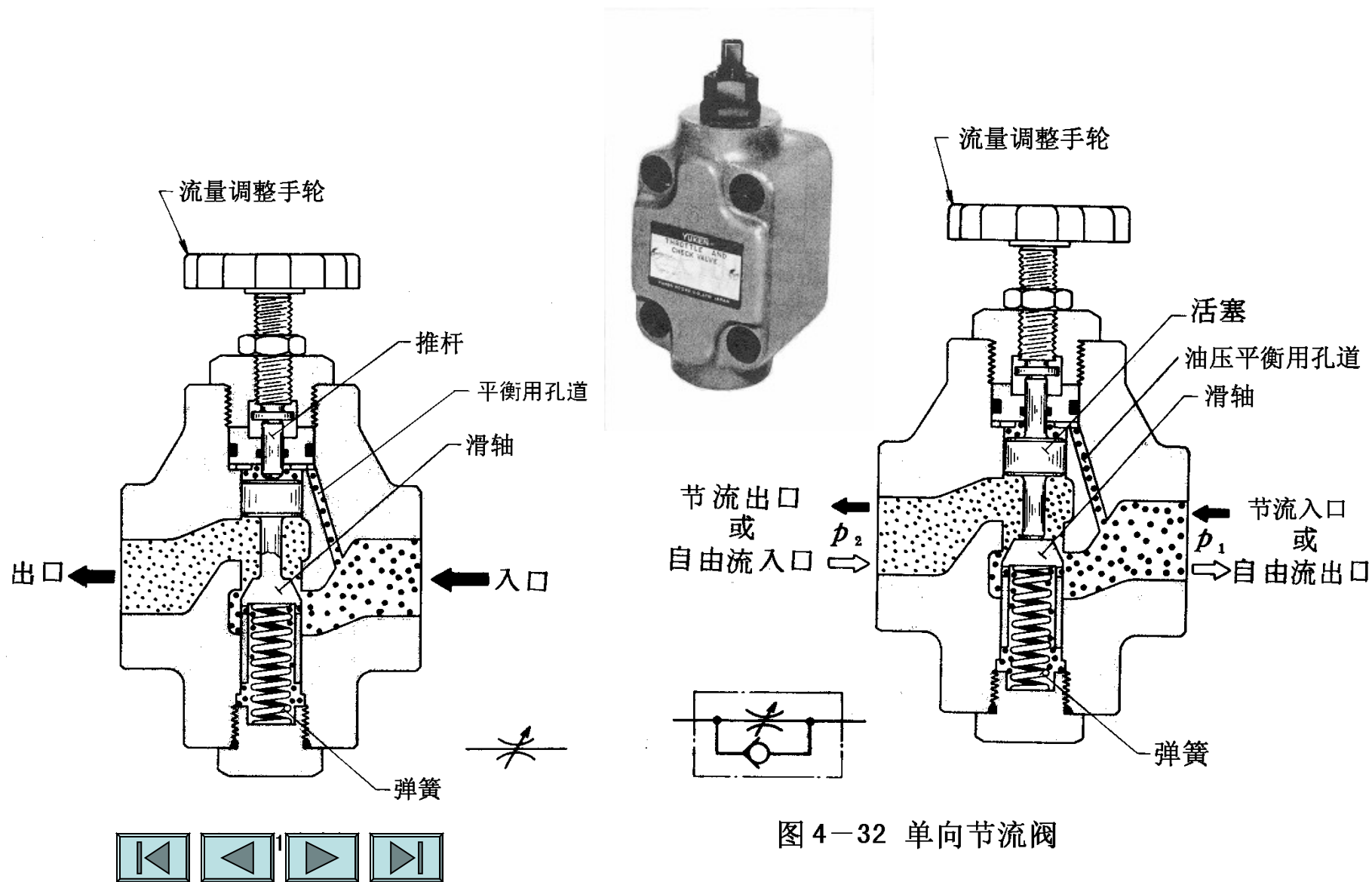


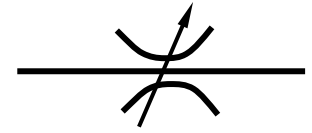
图4-31节流阀



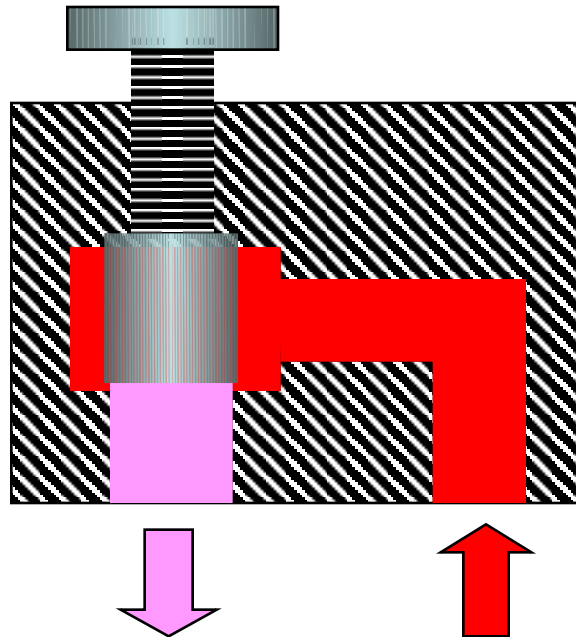
4. 3 流量控制阀及其应用



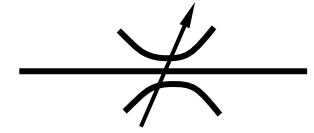
流量控制阀



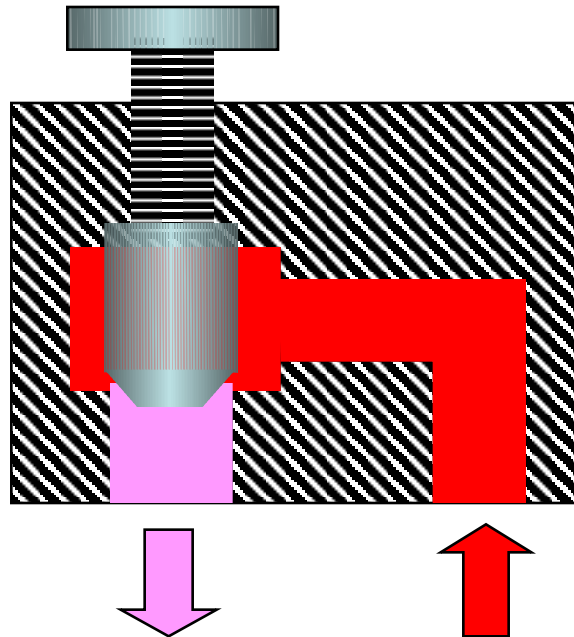
- 节流阀



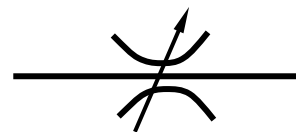
流量控制阀



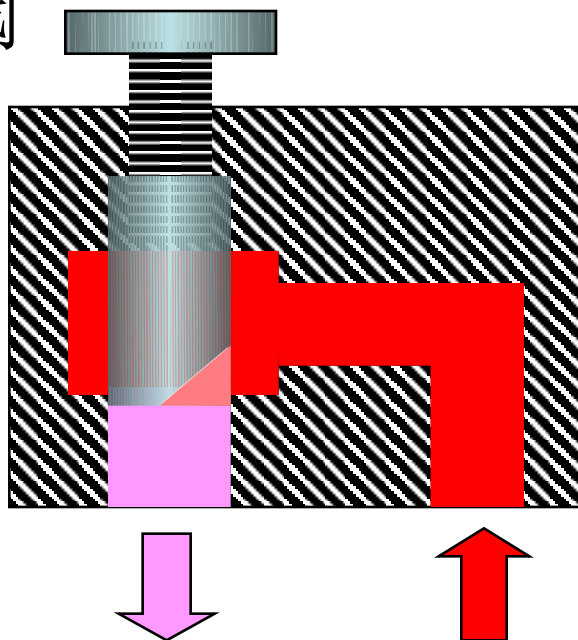
- 节流阀



流量控制阀



- 节流阀



流量特性方程

$$Q = K A \Delta p^m$$

K ——节流系数

A ——过流面积

Δp ——入口、出口压差

m ——孔口形状指数

4. 3 流量控制阀及其应用

液体流动时，改变流通截面面积，可改变流体的压力和流量，据此可作出节流阀。

1. 孔口

如图 1—9 所示，当 $l/d \leq 0.5$ 时称为孔口，其流量 Q 为
$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

式中： α — 流量系数 通常取 $0.62 \sim 0.63$

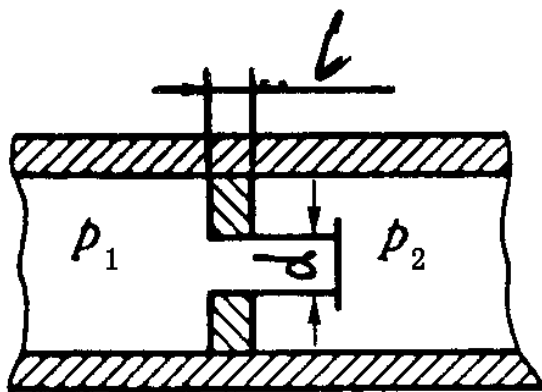


图 1—9 孔 口

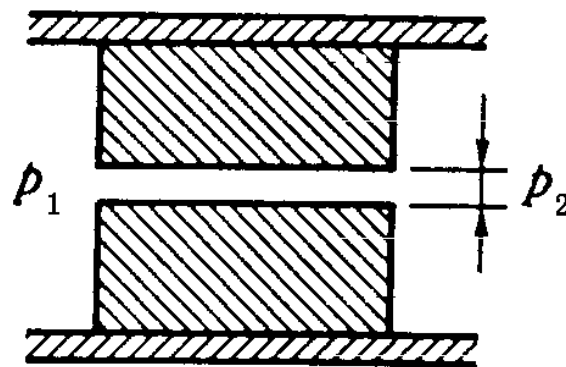


图1—10 阻流管

4. 3 流量控制阀及其应用

液体流动时，改变流通截面面积，可改变流体的压力和流量，据此可作出节流阀。

2. 阻流管

如图 1 — 10 所示，此 $l/d \geq 4$ 时称为阻流管，流量 Q 等于式中： ν — 运动粘度（ st ，）

$$Q = \frac{\pi d^2 g (p_1 - p_2)}{128 \rho \nu l}$$

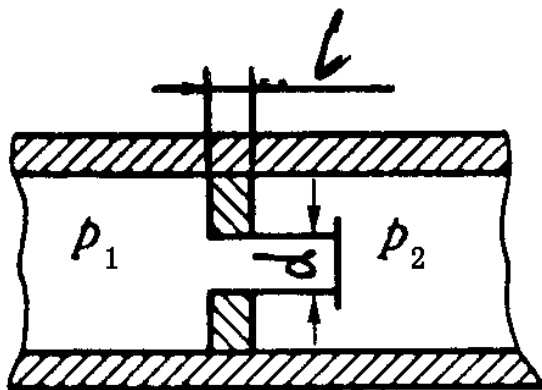


图 1—9 孔 口

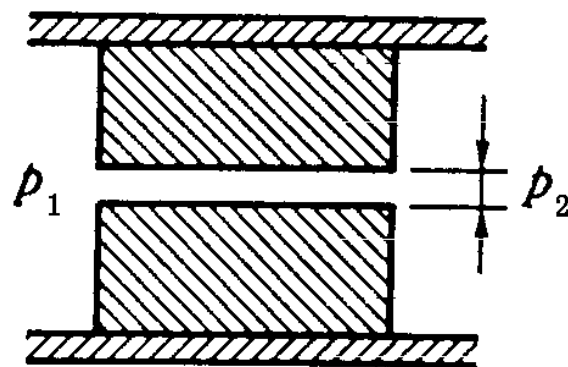


图 1—10 阻流管

4.3 流量控制阀及其应用

1. 节流阀的压力特性

：图 4—33 (a) 所示液压系统未装节流阀，若推动活塞前进所需最低工作压力为 1MPa，那么当活塞前进时，压力表指示的压力为 1MPa；当装了节流阀控制活塞前进速度如图 4—33

(b) 所示，那么当活塞前进时，则节流阀入口压力会上升到溢流阀所调定的压力，溢流阀被打开，一部分油液经溢流阀流入油箱。

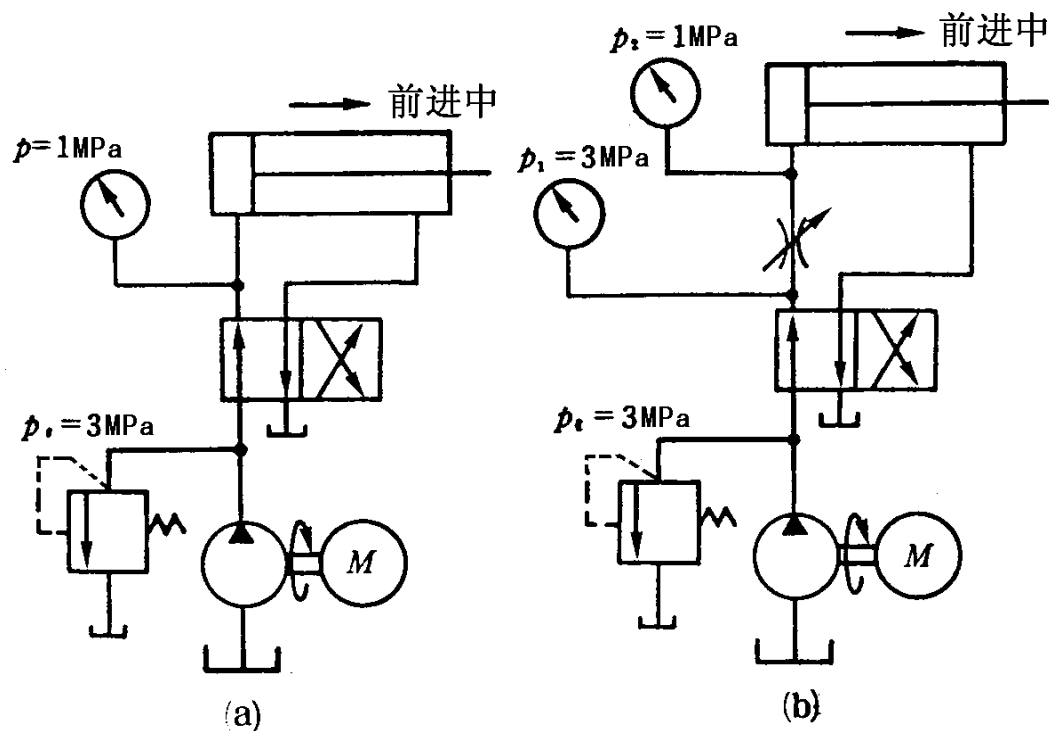


图 4—33 节流阀的压力特性



4 . 3 流量控制阀及其应用

- 1 . **节流阀流量特性：**节流阀的节流口形式可归纳为三种基本形式：**孔口、阻流管、与介于两者之间的节流孔**。根据实验，通过节流口的流量可用下式表示：

$$Q = kA\Delta p^m$$

式中：A — 节流口节流面积的大小

k — 由节流口形状与油液粘度决定的系数

Δp — 节流阀进出口压力差

m — 节流口形状指数：0.5 < m < 1，孔口 m = 0.5，阻流管 m = 1。

由（4-1）式可知，当 k、 Δp 、m 不变时，改变节流阀的节流面积 A 可改变通过的流量大小，又当 k、A、m 不变时，节流阀进出口压力差 Δp 有变化，通过的流量也会有变化。

当液压缸所推动的负载变化时，使得节流阀进出口压力差变化，通过的流量也有变化，从而活塞的速度不稳定。为使活塞运动速度不会因负载的变化而变化，应该采用下文所述的调速阀。



4. 3 流量控制阀及其应用

4. 3. 3 调速阀：调速阀能在负载变化的状况下，保持进口、出口压力差恒定。

图 4—34 所示调速阀的结构，其动作原理说明如下：

调速阀内一活塞处于平衡状态时：

$$F_s + A_3 \cdot p_3 = (A_1 + A_2) p_2$$

式中： F_s — 弹簧力

在设计时确定： $A_3 = A_1 + A_2$

$$\therefore P_2 - P_3 = \frac{F_s}{A_3}$$

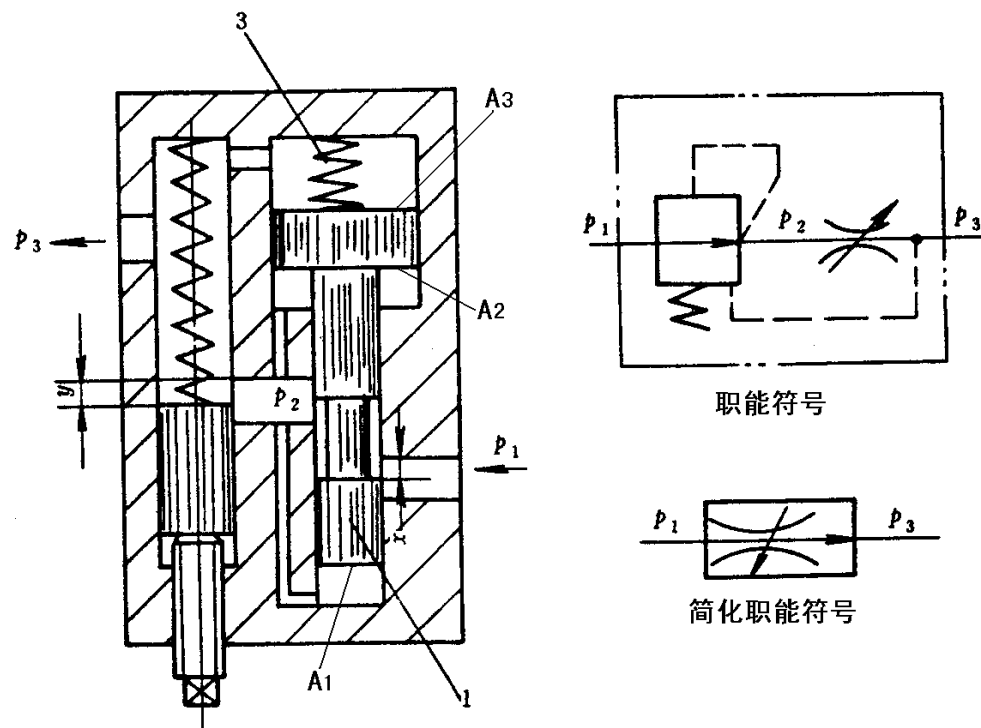


图 4-34 调速阀的工作原理图

1—定差减压阀阀芯 2—节流阀阀芯 3—弹簧



4 . 3 流量控制阀及其应用

4 . 3 . 3 调速阀：调速阀能在负载变化的状况下，保持进口、出口压力差恒定。

图 4 — 34 所示调速阀的结构，其动作原理说明如下：

压力油 P_1 进入调速阀后，先经过定差减压阀的阀口 x (压力由 p_1 减至 p_2) ，然后经过节流阀阀口 y 流出，出口压力为 p_3 。从图中可以看到，节流阀进出口压力 p_2 、 p_3 经过阀体上的流道被引到定差减压阀阀芯的两端 (p_3 引到阀芯弹簧端， p_2 引到阀芯无弹簧端)，作用在定差减压阀芯上的力包括液压力、弹簧力。调速阀工作时的静态方程如下：

此时只要将弹簧力固定，则在油温无什么变化时，输出流量即可固定。另外，要使阀能在工作区正常动作，进、出口间压力差要在 $0.5 \sim 1\text{MPa}$ 以上。

以上讲的调速阀是压力补偿调速阀，即不管负载如何变化，通过调速阀内部具有一活塞和弹簧来使主节流口的前后压差保持固定，从而控制通过的流量维持不变。

另外还有温度补偿流量调整阀，能在油温变化的情况下，保持通过阀的流量不变。



4 . 3 流量控制阀及其应用

4 . 3 . 4 基本的速度控制回路：
有进油节流调速、回油节流调速、旁路节流调速三种方法。

1 . 进油节流调速：就是控制执行元件入口的流量，图4—35所示，该回路不能承受负负载，如有负向负荷（负荷与运动方向同向者），则速度失去控制。

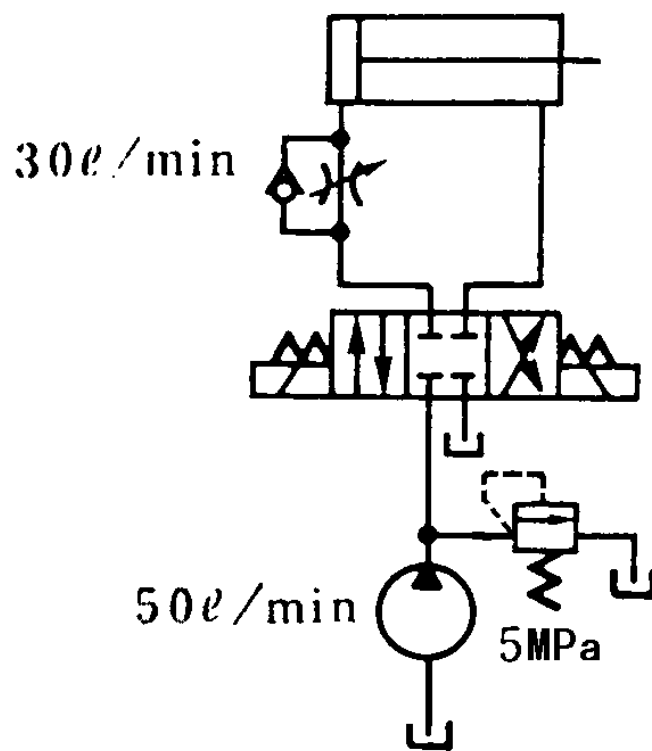


图4—35 进油节流调速回路

4 . 3 流量控制阀及其应用

2. **回油节流调速：**就是控制执行元件出口的流量，图 4 — 36 所示，回油节流调速是控制排油，节流阀可提供背压，使液压缸能承受各种负荷。

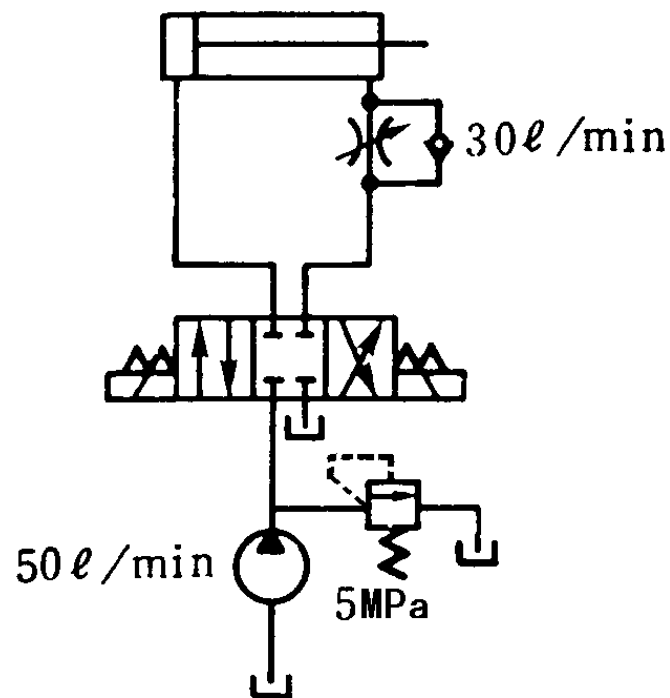


图4—36 回油节流调速回路

4 . 3 流量控制阀及其应用

3 . 旁路节流调速：是控制不需流入执行元件也不经溢流阀而直接流回油箱的油的流量，从而达到控制流入执行元件油液流量的目的。图 4-37 所示旁路节流调速回路，该回路的特点是**液压缸的工作压力基本上等于泵的输出口压力，其大小取决于负载**，该回路中的溢流阀只有在过载时才打开。

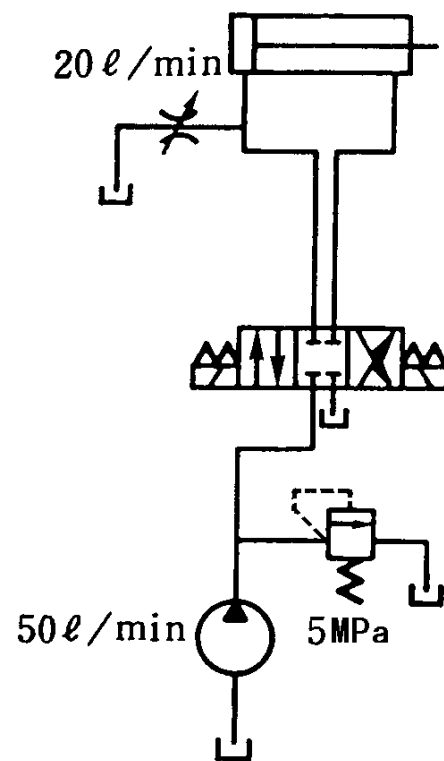


图 4—37 旁路节流调速回路

4 . 3 流量控制阀及其应用

从上所述，此三种调速方法不同点为：

- 1) 进油调速和回油调速会使回路压力升高，造成压力损失；旁路调速则几乎不会。
- 2) 用旁路调速作速度控制时，无溢流损失，效率最高，控制性能最差，主要用于负载变化很小的正向负载的场合。
- 3) 用进油调速作速度控制时，效率次之，主用于负荷变化较大之正向负载的场合。
- 4) 用回油调速作速度控制时，效率最差，控制性能最佳，主要用于有负向负载的场合。



4 . 3 流量控制阀及其应用

4 . 3 . 5 行程减速阀 及其应用

一般的加工机械如车床、铣床，其刀具尚未接触工件时，需快速进给以节省时间，开始切削则应慢速进给，以保证加工质量；或是液压缸前进时，本身冲击力过大，需要在行程的末端使其减速，以便液压缸能停止在正确的位置，此时就需要用图4—38所示行程减速阀。

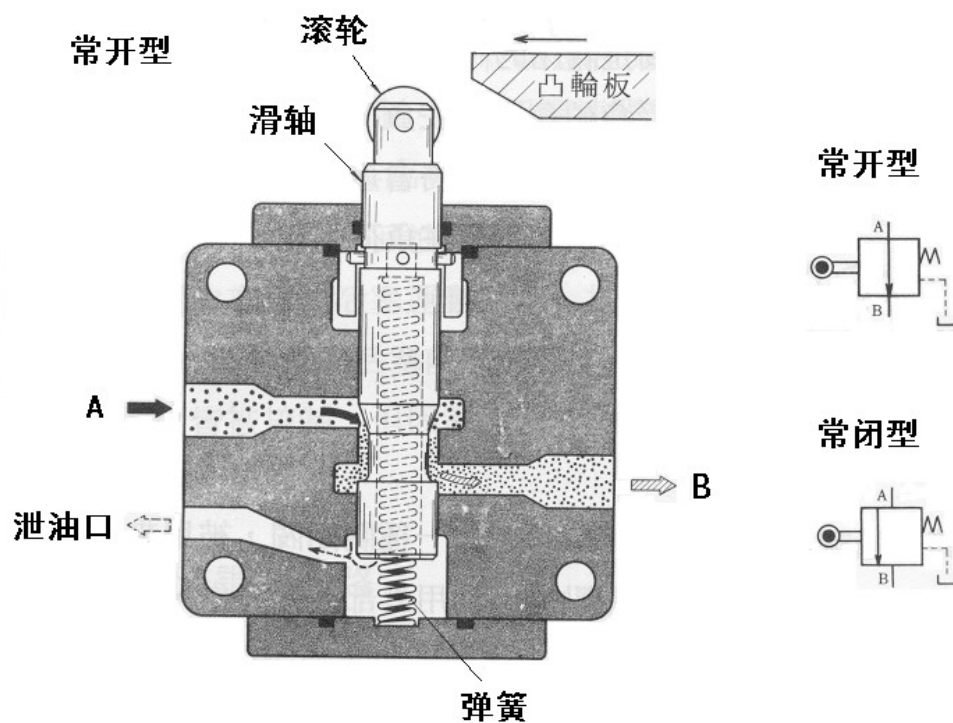


图4—38 行程减速阀

4.3 流量控制阀及其应用

行程减速阀的应用如图所示。

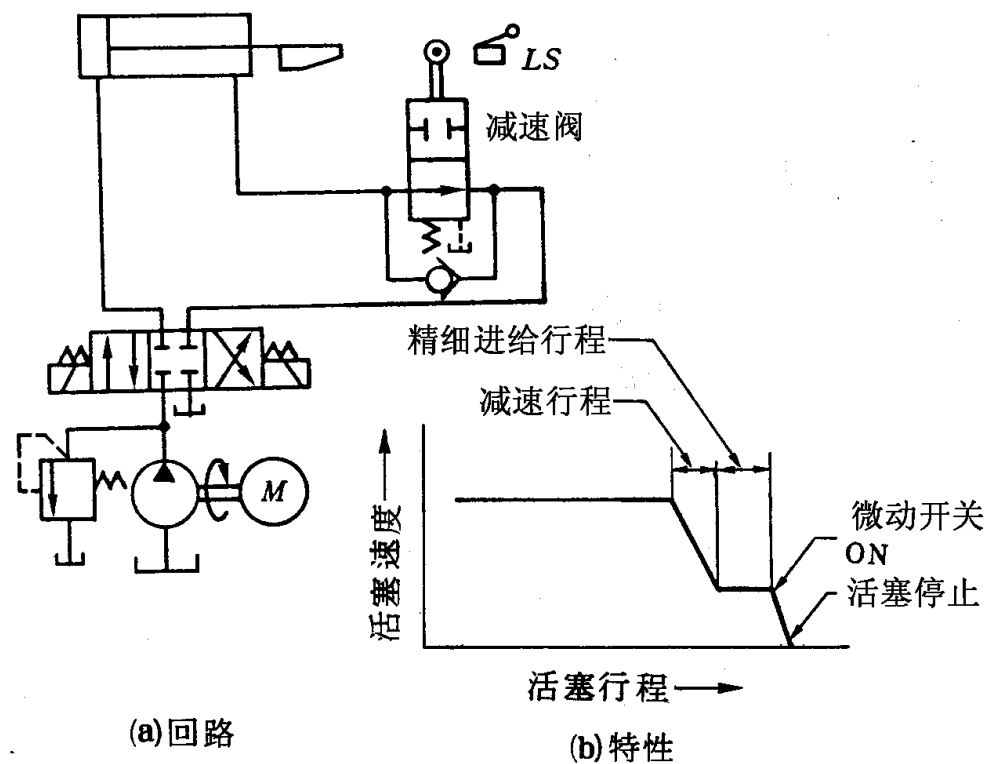


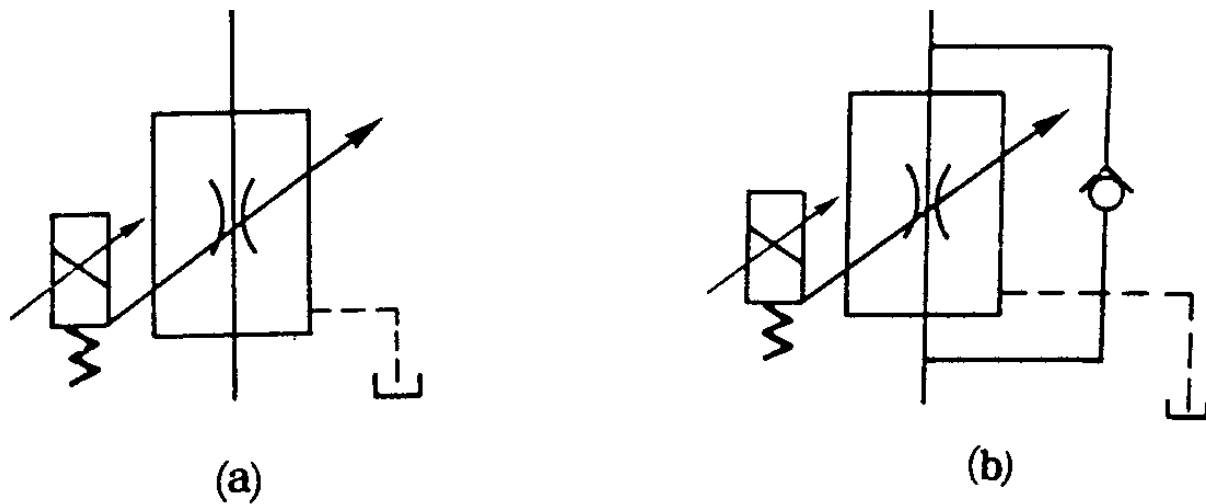
图4—39 利用凸轮操作减速阀的减速回路

4 . 3 流量控制阀及其应用

4 . 3 . 6 比例式流量阀：前面所述之流量阀都需用手动调整的方式来作流量设定，在需要经常调整流量或要作精密流量控制的液压系统，就得用到比例式流量阀了。

比例式流量阀（ Proportional Flow Control Valve ）也是以在提
动杆外装置的电磁线圈所产生的电磁力，来控制流量阀的开口大小
，由于电磁线圈有良好的线性度，故其产生的电磁力是和电流的大
小成正比，在应用时可产生连续变化的流量了，从而可任意控制流
量阀的开口大小。

比例式流量阀也有附单向阀的，各种比例式流量阀的符号如图 4 — 40 所示。



4.4 液压辅助元件

液压系统中除了动力元件、执行元件、控制元件外，油箱、虑油器、蓄能器、压力表、密封装置、管件等，都称为**液压系统辅助元件**。

- 1、**油箱**：**油箱的主要功能是储存油液**，此外，还有散热以控制**油温**、**阻止杂质进入**、**沉淀油中杂质**、**分离气泡**等功能。油箱的作用：储油、散热、沉淀杂质、逸出空气。

油箱容量如太小，会使油温上升，油箱容量一般设计为泵每分钟流量的 2 ~ 4 倍；或当所有管路及元件均充满油时，油面需高出过滤器 50-100mm，而液面高度只占油箱高度 80 % 时的油箱容积。



4.4 液压辅助元件

- 1) 油箱形式：可分为开式和闭式两种，开式油箱中油的液面和大气相通，闭式油箱中的油液面和大气隔绝，液压系统中大多数采用开式油箱。
- 2) 油箱结构：开式油箱大部分是以钢板焊接而成，图3—12所示为工业上使用的典型焊接式油箱。

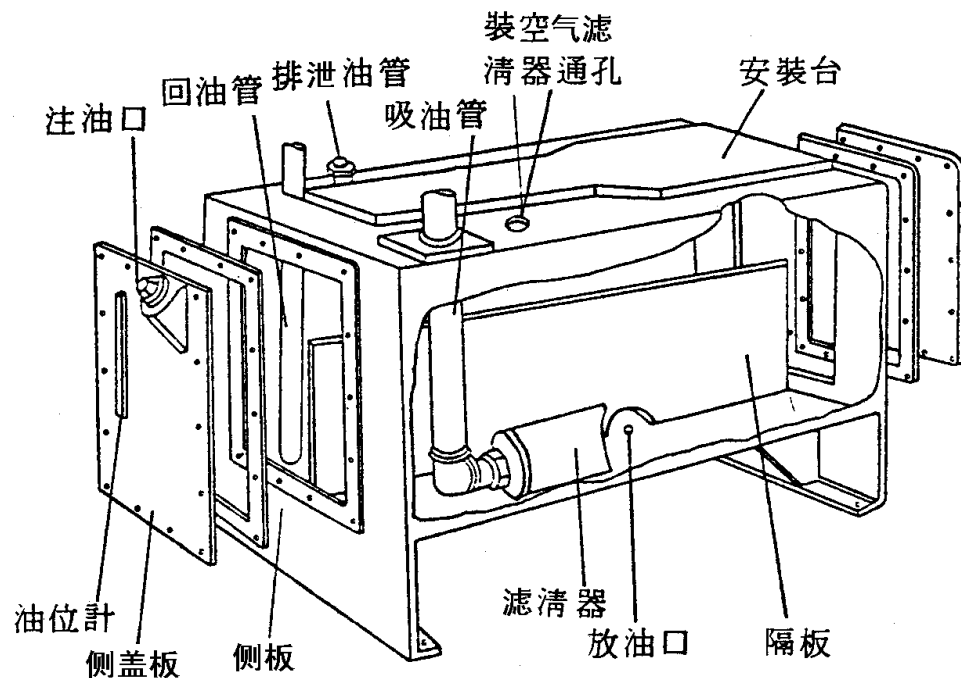


图3—12 焊接式油箱

4.4 液压辅助元件

3. 隔板及配管的安装位置

隔板装在吸油侧和回油侧之间，如图 3 — 13 所示，以达到沉淀杂质、分离气泡及散热作用。

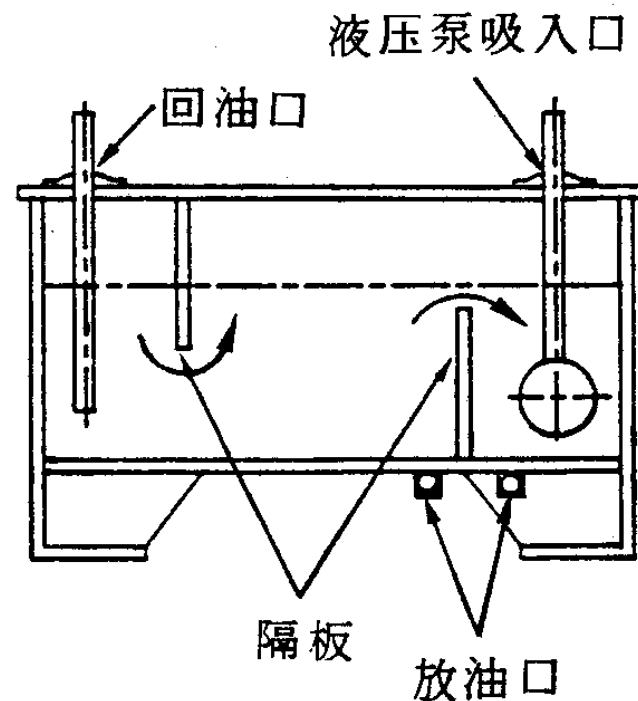


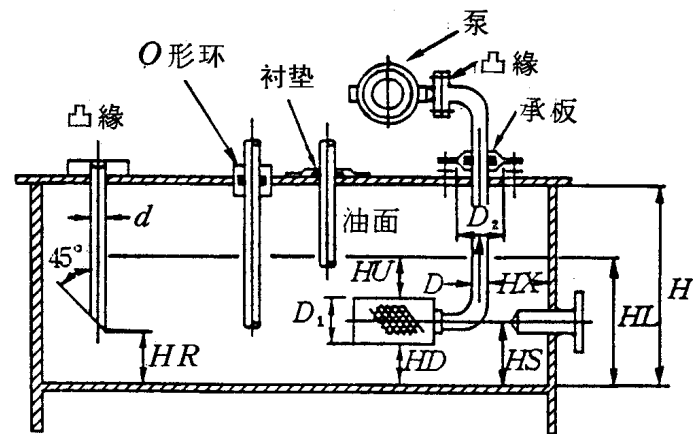
图3—13 隔板的位置

4.4 液压辅助元件

3) 隔板及配管的安装位置

油箱中常见的配油管有回油管、吸油管及排泄管等，有关安装尺寸见图3—14所示。吸油管的口径应为其余供油管径的1.5倍，以免泵吸入不良，回油管末端要浸在液面下且其末端切成 45° 倾角并面向箱壁，以使回油冲击箱壁而形成回流以利于冷却油温，又利于杂质的沉淀。

系统中排泄管应尽量单独接入油箱。各类控制阀的排泄管端部应在液面以上，以免产生背压；泵和马达的外泄油管其端部应在液面之下以免吸入空气。



回油管： $HR \geq 2d$ ，吸油管： $D_2 > D_1$

吸入位置： $HS = \frac{1}{4}H$ 为基准

HD, HU 在 50 ~ 100 mm 左右

$HX \geq 3D$

图3—14 配管的安装及尺寸



4.4 液压辅助元件

- 4) **附设装置：**为了监测液面，油箱侧壁应装油面指示计。为了检测油温，一般在油箱上装温度计，温度计直接浸入油中。在油箱上亦装有压力计可用以指示泵的工作压力。



油的污染

一、系统内部的污染

- 1. 残留物：元件的冷热加工，安装，清洗....**
- 2. 生成物：油温高引起化学反应；**
- 3. 混入物：混入水；混入空气；**
- 4. 元件磨损。**

二、油本身

**油的生产，储存，运输等过程中受到污染，
新油不一定干净。**

4.4 液压辅助元件

2、滤油器（filter）

1．滤油器的结构

滤油器一般由滤芯（或滤网）和壳体构成，由滤芯上无数个微小间隙或小孔构成通流面积。当混入油中的污物（杂质）大于微小间隙或小孔时，杂质被阻隔而滤清出来。若滤芯使用磁性材料时，可吸附油中能被磁化的铁粉杂质。

滤油器可以安装在油泵的吸油管路上，或某些重要零件之前。滤油器也可安装在回油管路上。

滤油器可分成液压管路中使用和油箱使用的两种。油箱内部使用的滤油器亦称为滤清器和粗滤器，用来过滤掉一些太大的，容易造成泵损坏的杂质（在 0.1mm^3 以上），图 3—15 为壳装滤清器（strainer），装在泵和油箱吸油管途中。图 3—16 所示，为无外壳滤清器，安装在油箱内，拆装不方便，但价格便宜。



4.4 液压辅助元件

2、滤油器 (filter)

1. 滤油器的结构

图 3—15 为壳装滤清器

(strainer)，装在泵和油箱吸油管途中。

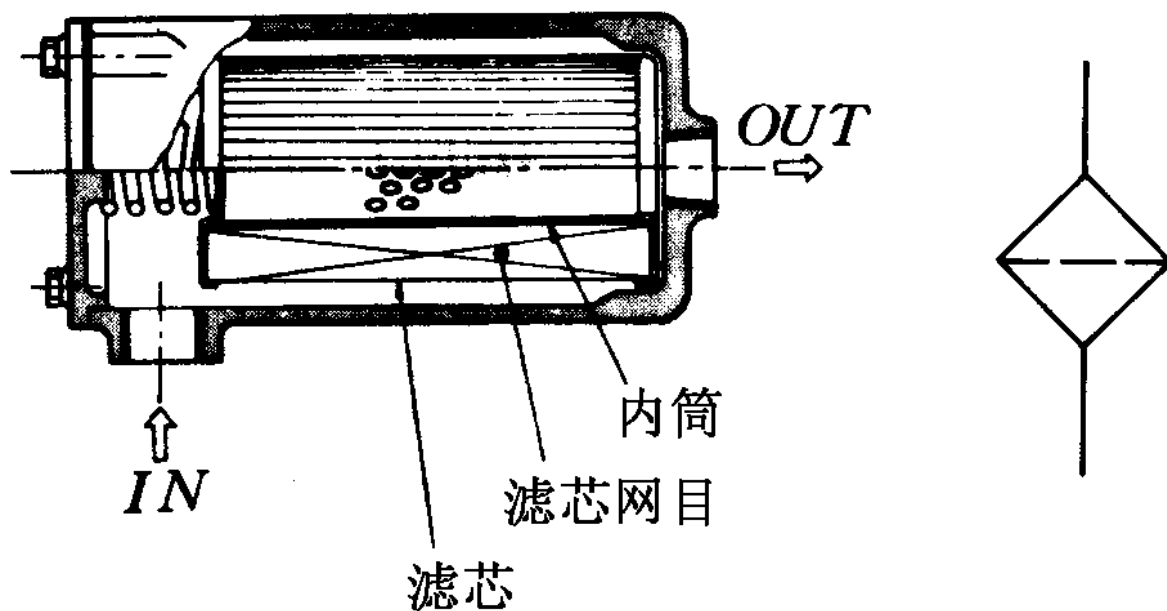


图 3—15 壳装滤清器

4.4 液压辅助元件

滤油器（filter）

1. 滤油器的结构

图 3 — 16 所示，为无外壳滤清器，安装在油箱内，拆装不方便，但结构简单。

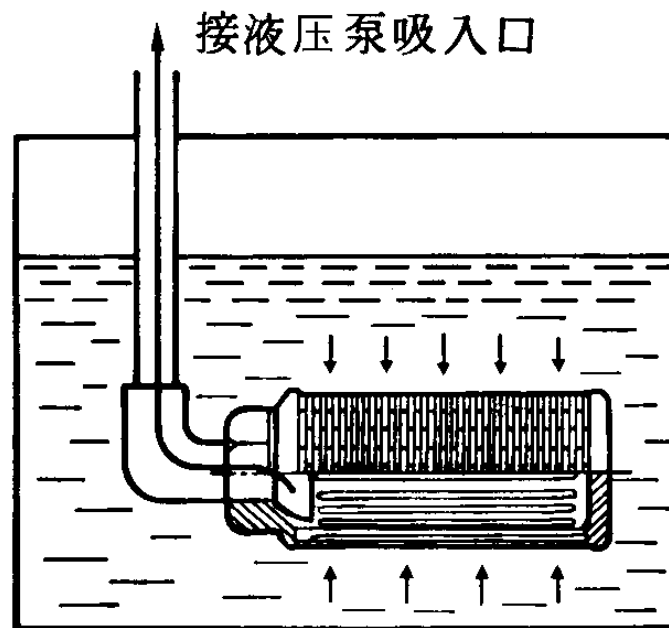


图3—16 无外壳滤清器

4.4 液压辅助元件

4.4.2 滤油器 (filter)

1. 滤油器的结构

滤油器有压力管用滤油器及回油管用滤油器。图 3-17 所示压力管用滤油器，因要受压力管路中的高压，故耐压力问题必须考虑；回油管用滤油器是装在回油管路上，压力低，只需注意冲击压力的发生。就价格而言，压力管路用滤油器较回油管路用滤油器贵出许多。

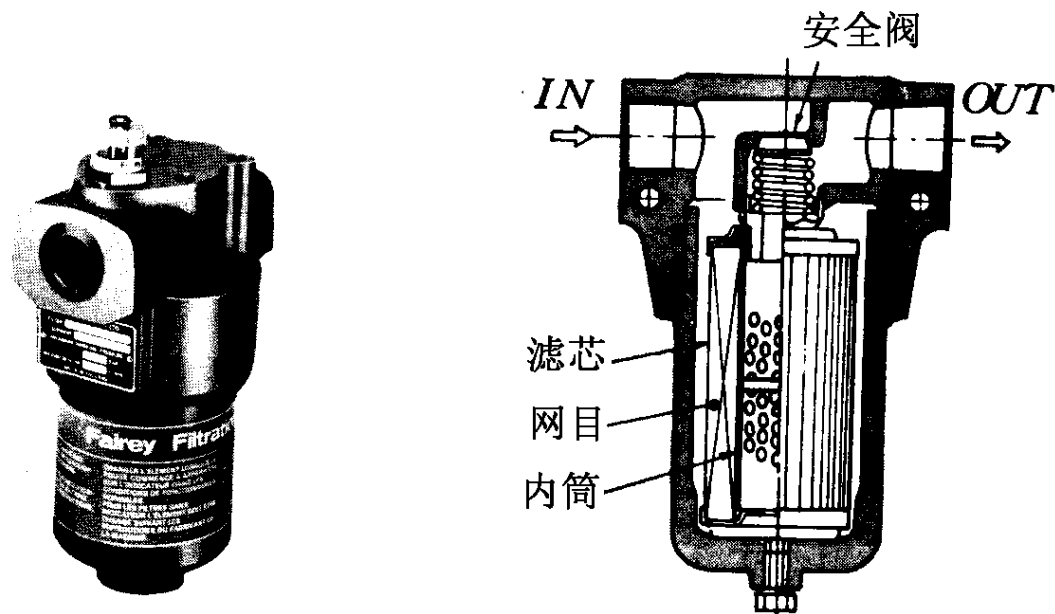


图3-17 压力管路用滤油器



4.4 液压辅助元件

2. 滤油器的选用

选用滤油器时应考虑如下问题：

1) 过滤精度

原则上大于滤芯网目的污染物就不能通过滤芯。滤油器上的过滤精度常用能被过滤掉的杂质颗粒的公称尺寸大小来表示。系统压力越高，过滤精度越低。表 3—1 为液压系统中建议采用的过滤精度。

表 3—1

使用场所	提高换向阀操作可靠度	保持微小流量控制	一般液压机器操作可靠度	保持伺服阀可靠度
建议采用的过滤精度	10 μm 左右	10 μm	25 μm 左右	5—10 μm



4.4 液压辅助元件

2) 液压油通过的能力

液压油通过的流量大小和滤芯的通流面积有关。一般可根据要求通过的流量选用相对应规格滤油器。
(为减低阻力，滤油器的容量为泵流量的 2 倍以上)。

3) 耐压

选用滤油器时尤须注意系统中冲击压力的发生。而滤油器的耐压包含滤芯的耐压和壳体的耐压。一般滤芯的耐压为 $0.01\sim 0.1\text{MPa}$ ，这主要靠滤芯有足够的通流面积，使其压降小，以避免滤芯被破坏。滤芯被堵塞，压降便增加。必须注意滤芯的耐压和滤油器的使用压力是不同的，当提高使用压力时，要考虑壳体是否承受得了而和滤芯的耐压无关。



4.4 液压辅助元件

3. 滤油器的安装位置

图3—18列出了液压系统中滤油器几种可能的安装位置。

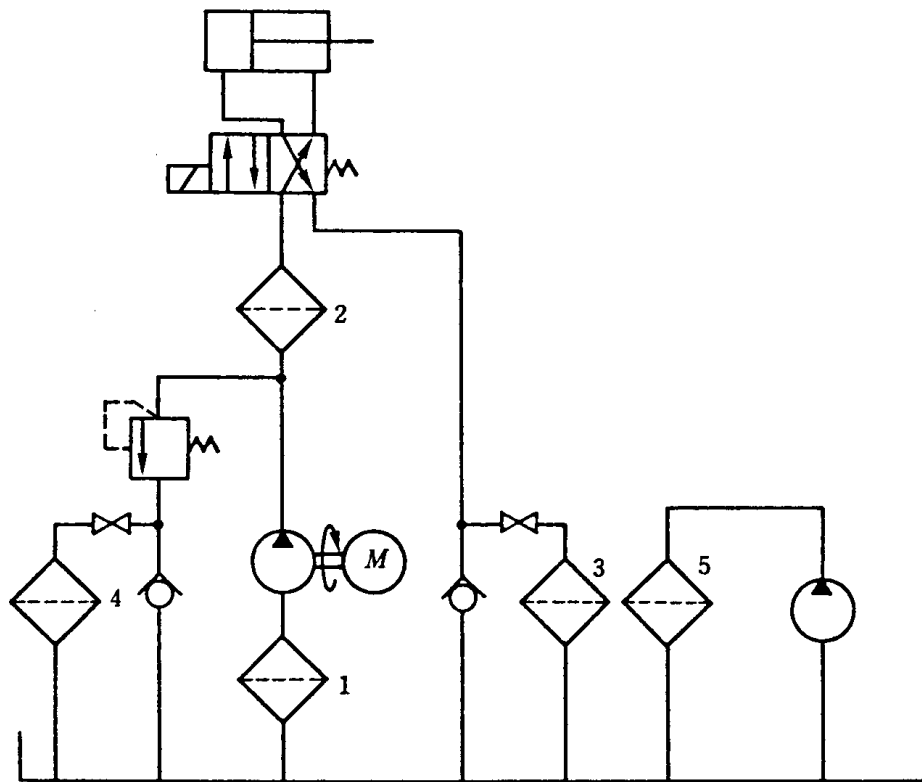


图3—18 滤油器的安装位置

4.4 液压辅助元件

3. 滤油器的安装位置

图 3 — 18 列出了液压系统中滤油器几种可能的安装位置。

- 1) 滤油器（滤清器）1 安装在泵的吸入口，其作用如前文所述。
- 2) 滤油器 2 安装在泵出口，属于压力管路用滤油器，在保护泵以外的其它元件。一般装在溢流阀下游管路上或和安全阀并联，以防止滤油器被堵塞时泵形成过载。
- 3) 滤油器 3 安装在回油管路上，属于回油管用滤油器，此滤油器的壳体耐压性可较低。
- 4) 滤油器 4 安装在溢流阀的回油管上，因其只通泵部分的流量，故滤油器容量可较小。如其容量 2、3 相同，则通过流速降低，过滤效果更好。
- 5) 滤油器 5 为独立的过滤系统，其作用在不断净化系统中之液压油。的液压系统里。

4.4 液压辅助元件

4.4.3 空气滤清器

为防止灰尘进入油箱，通常在油箱的上方通气孔装了空气滤清器。有的油箱利用此通气孔当注油口，如图3—18所示为带注油口的空气滤清器。空气滤清器的容量必须使液压系统即使达到最大负荷状态时，仍能保持大气压力的程度。

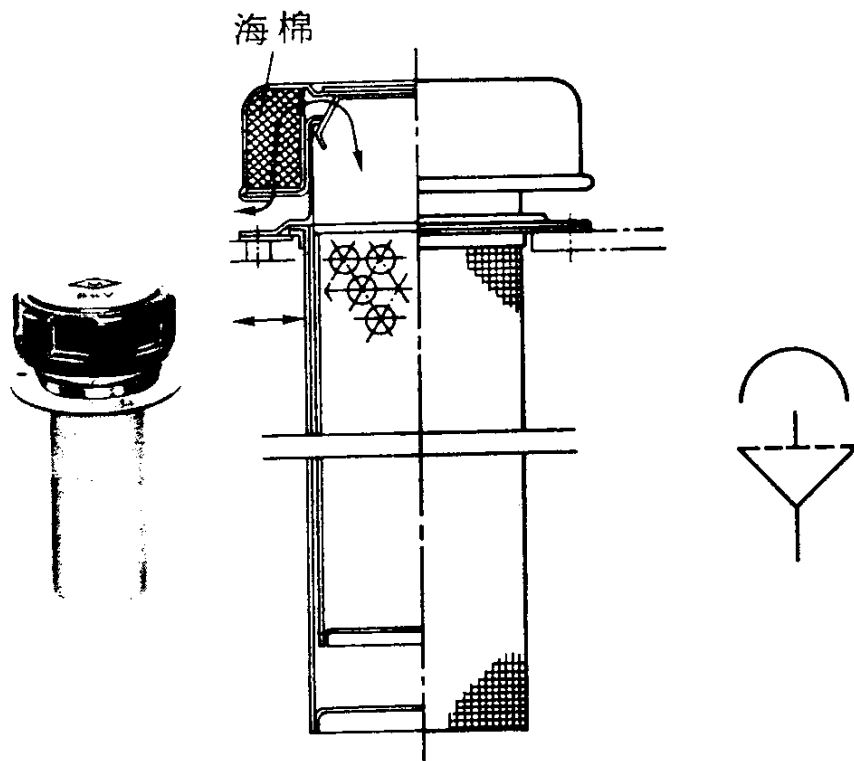


图3—19 带注油口的空气滤清器

4.4 液压辅助元件

4.4.4 油冷却器

一般说来，造成油箱散热面积不够，必须采用冷却器来抑制油温的原因有三：

- 1) 因机械整体的体积和空间使油箱的大小受到限制。
- 2) 因经济上的理由，需要限制油箱的大小等。
- 3) 要把液压油的温度控制得更低。

油冷却器可分成水冷式和气冷式两大类。



4.4 液压辅助元件

1. 水冷式油冷却器

水冷式油冷却器通常都采用壳管式（shell-and-tube type）油冷却器，它是由一束小管子（冷却管）装置在一个外壳里所构成。

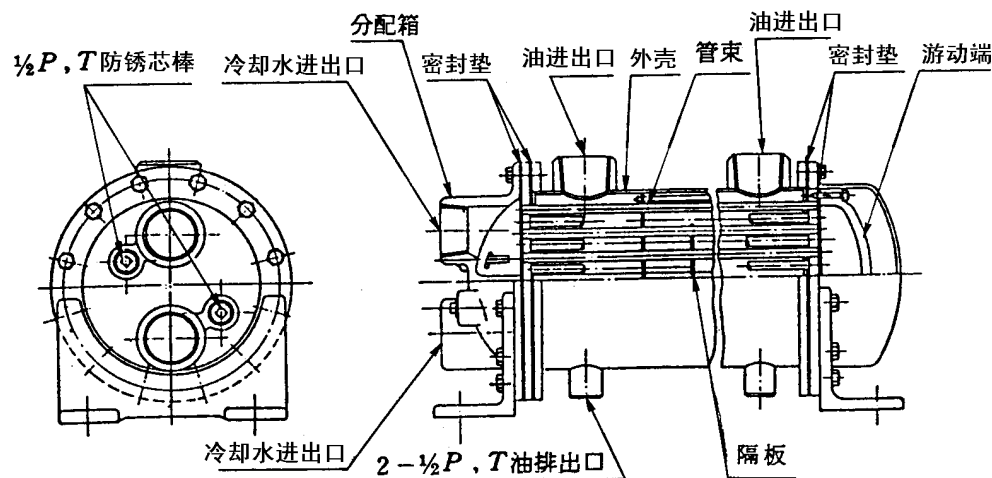
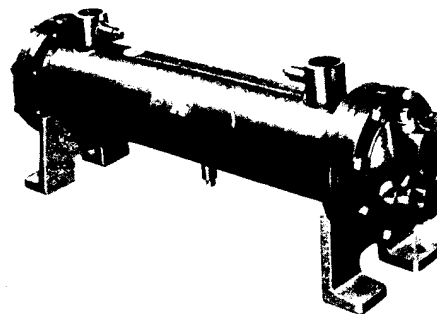


图3—20 水冷式直管型油冷却器

4.4 液压辅助元件

1. 水冷式油冷油器

壳管式油冷器形式多种，但一般都采用直管形油冷却器，如图 3 — 20 所示。其构造是把直管形冷却管装在一外壳内，两端再用可移动的端盖（管帽）封闭，金属隔板装置在内，使液压油产生垂直于冷却管流动以加强热的传导。冷却管通常由小直径管子组成，材料可用铝、钢、不锈钢无缝钢管，但为增加热传效果，一般采用铜管并在铜管上滚牙以增进散热面积。冷却管的安装分为固定式和可移动式两种，可移动式冷却器可由外壳中抽出来清洗或修理；固定式固定在内不能取出。

冷却器的外壳是由 2"~30" 开口的管子构成，材料可用铝、铜或不锈钢管等。



4.4 液压辅助元件

2. 气冷式油冷却器

气冷式构造如图 3 — 21 所示，由风扇和许多带散热片的管子所构成。油在冷却管中流动，风扇使空气穿过管子和散热片表面，使液压油冷却。其冷却效率较水冷低，但如果冷却水取得不易或水冷式油却器不易安装的场所，必须采用气冷式，尤以行走机械的液

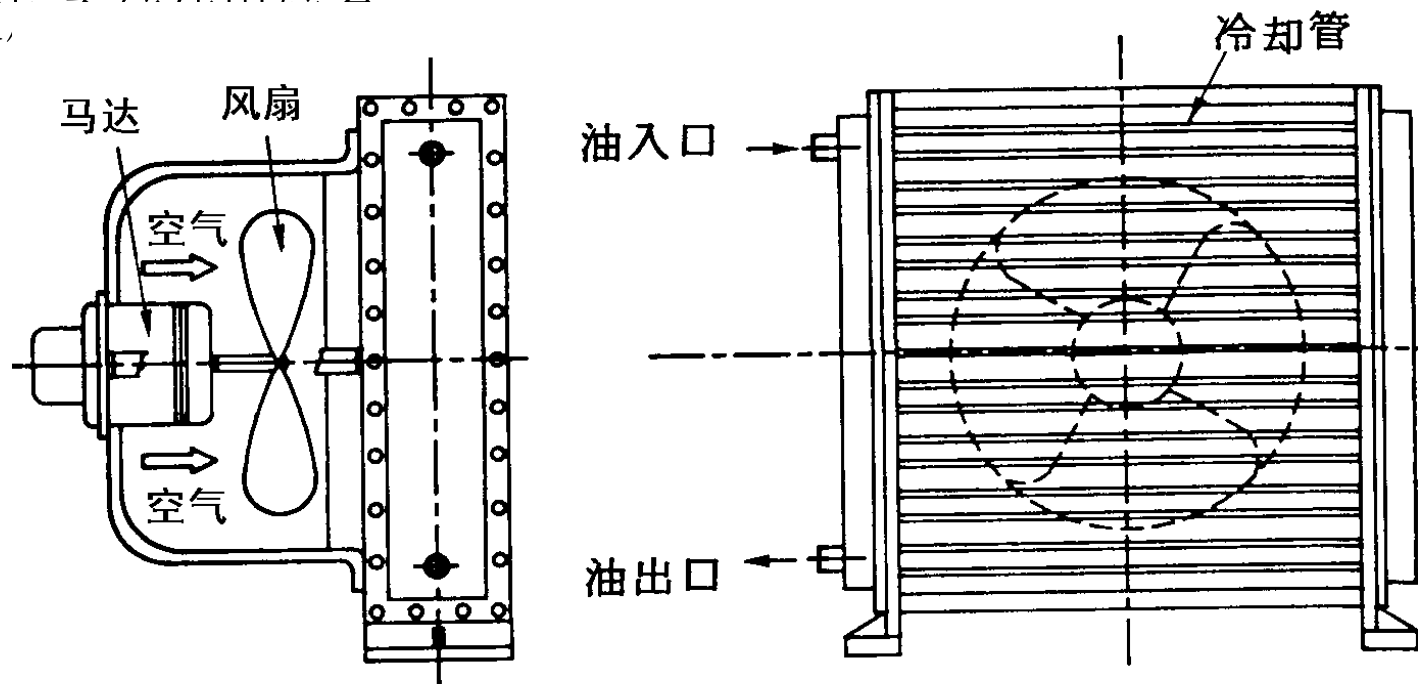


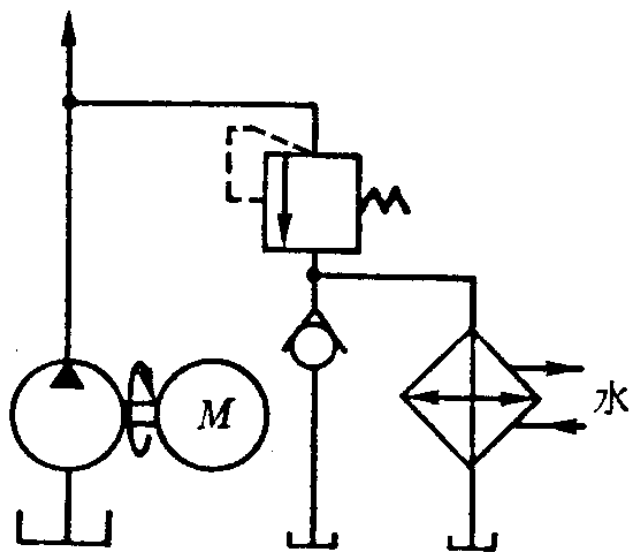
图3—21 气冷式油冷却器

4.4 液压辅助元件

3. 油冷却器安装的场所

油冷却器安装在热发生体附近，且液压油流经油冷却器时，压力不得大于 1MPa。有时必须以安全阀来保护，以使它免于高压的冲击而造成损坏。

1) 热发生源，如溢流阀附近，如图 3 - 22 所示。



3- 来的油的回路

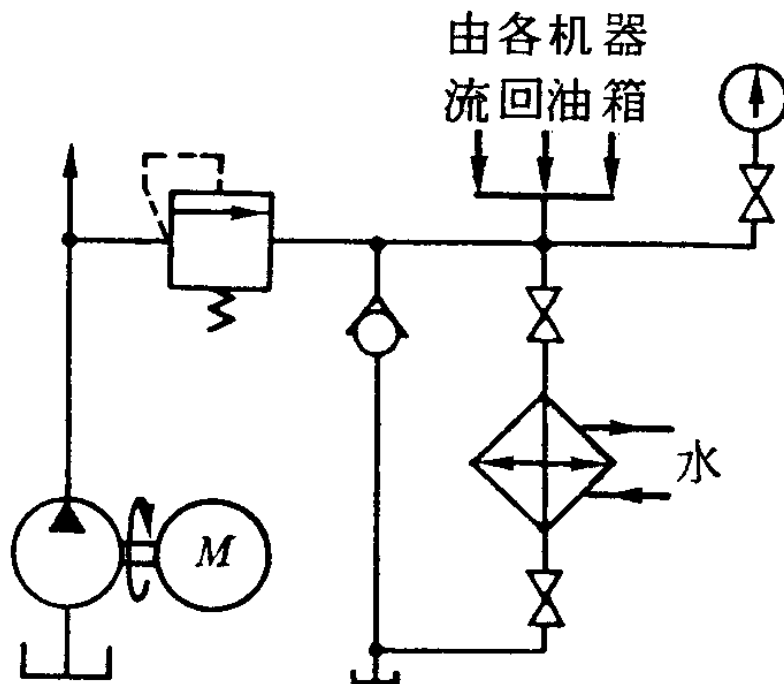


图3-23 冷却器装在回油侧的回路

4.4 液压辅助元件

3. 油冷却器 安装的场所

3) 如液压装置很大且运转的压力很高, 此时使用独立的冷却系统, 如图 3-24 所示。

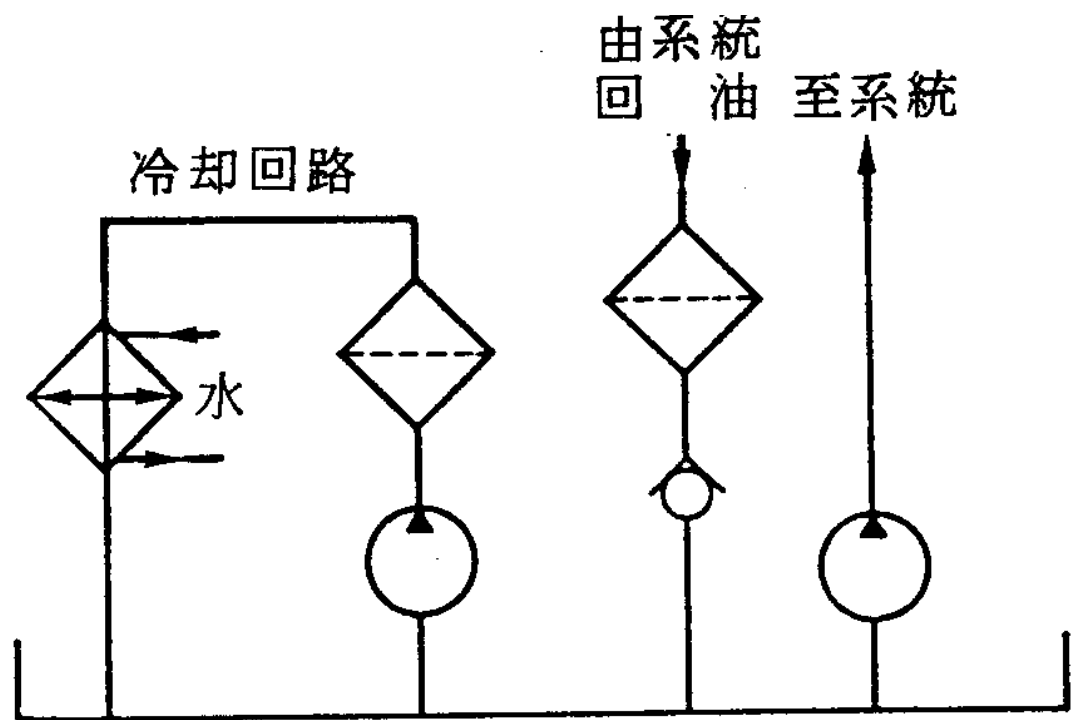


图3-24 独立冷却回路

4.4 液压辅助元件

4. 油冷却器的冷却水

为防止冷却器累积过多的水垢影响热交换效率，可在冷却器装一滤油器。冷却水要采用清洁的软水。



4.4 液压辅助元件

4.4.5 蓄能器 (accumulators)

1. 蓄能器功用

蓄能器是液压系统中一种储存油液压力能的装置，其主要功用如下：

- (1) **作辅助动力源：**在液压系统工作循环中不同阶段需要的流量变化很大时，常采用蓄能器和一个流量较小的泵组成油源。当系统需要很小流量时，蓄能器将液压泵多余的流量储存起来；当系统短时期需要较大流量时，蓄能器将储存的液压油释放出来与泵一起向系统供油。在某些特殊的场合：如驱动泵的原动机发生故障，蓄能器可作应急能源紧急使用；如现场要求防火防爆，也可用蓄能器作为独立油源。
- (2) **保压和补充泄漏：**有的液压系统需要较长时间保压而液压泵卸载，此时可利用蓄能器释放所储存的液压油，补偿系统的泄漏，保持系统的压力。
- (3) **吸收压力冲击和消除压力脉动：**由于液压阀的突然关闭或换向，系统可能产生压力冲击，此时可在压力冲击处安装蓄能器起吸收作用，使压力冲击峰值降低。如在泵的出口处安装蓄能器，还可以吸收泵的压力脉动，提高系统工作的平稳性。



吸收冲击和消除压力冲击

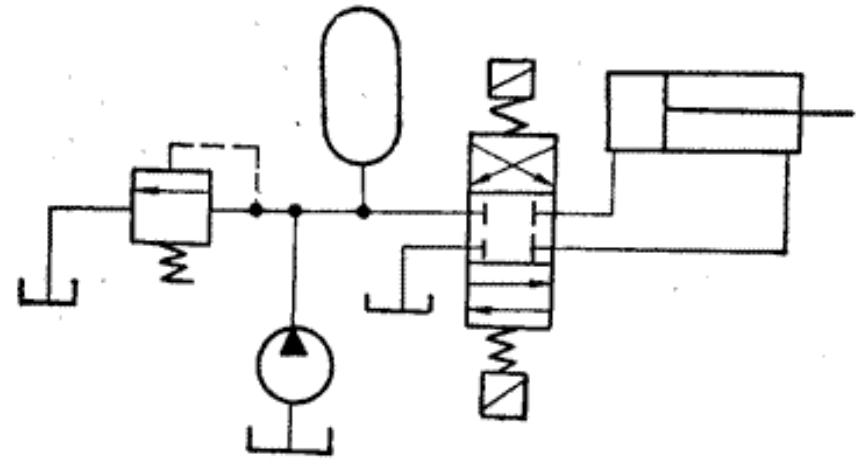


图19-6 用蓄能器吸收系统的液压冲击

- 蓄能器的功用
作辅助动力源或紧急动力源

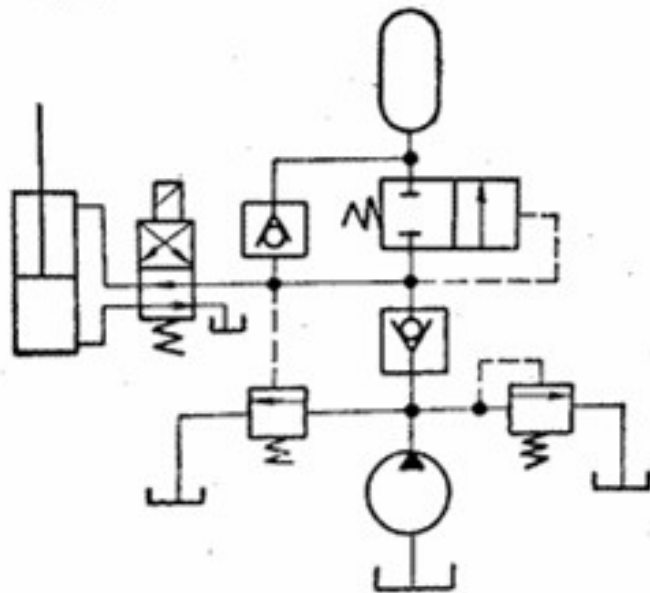


图19-4 蓄能器作紧急动力源的液压系统

保压和补充泄漏

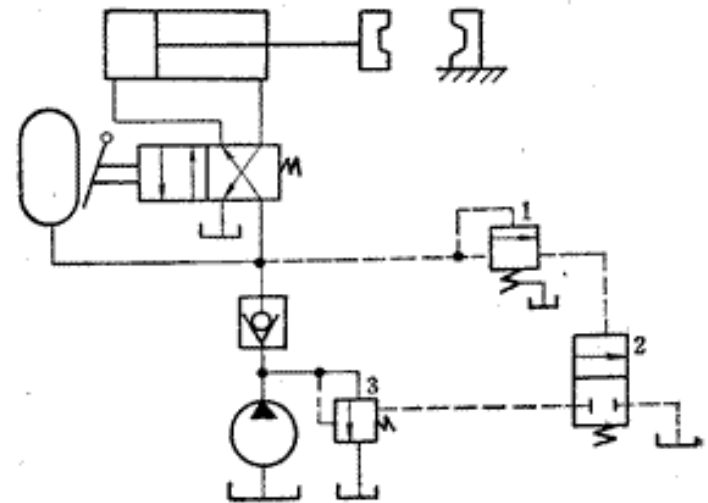


图19-3 补偿泄漏和保持恒压的液压系统

1—顺序阀 2—二位二通换向阀 3—溢流阀



4.4 液压辅助元件

4.4.5 蓄能器 (accumulators)

2. 蓄能器的分类和选用

蓄能器有**弹簧式、重锤式和充气式**三类。常用的是充气式，它利用气体的压缩和膨胀储存、释放压力能，在蓄能器中气体和油液被隔开，而根据隔离的方式不同，充气式又分为**活塞式、皮囊式和气瓶式**等三种，下面主要介绍常用的活塞式和皮囊式两种。

- (1) **活塞式蓄能器**：图 3 — 25a 为活塞式蓄能器，用缸筒 2 内浮动的活塞 1 将气体与油液隔开，气体（一般为惰性气体氮气）经充气阀 3 进入上腔，活塞 1 的凹部面向充气，以增加气室的容积，蓄能器的下腔油口 a 充液压油。活塞式结构简单，安装和维修方便，寿命长，但由于活塞惯性和密封件的摩擦力影响，其动态响应较慢。**适用于压力低于 20MPa 的系统储能或吸收压力脉动。**

- (2) **皮囊式蓄能器**：图 3 — 25b 为皮囊式蓄能器，采用耐油橡胶制成的气囊 2 内腔充入一定压力的惰性气体，气囊外部液压油经壳体 1 底部的限位阀 4 通入，限位阀还保护皮囊不被挤出容器之外。此蓄能器的气液完全隔开，皮囊受压缩储存压力能，其惯性小、动作灵敏，适用于储能和吸收压力冲击，工作



4.4 液压辅助元件

4.4.5 蓄能器 (accumulators)

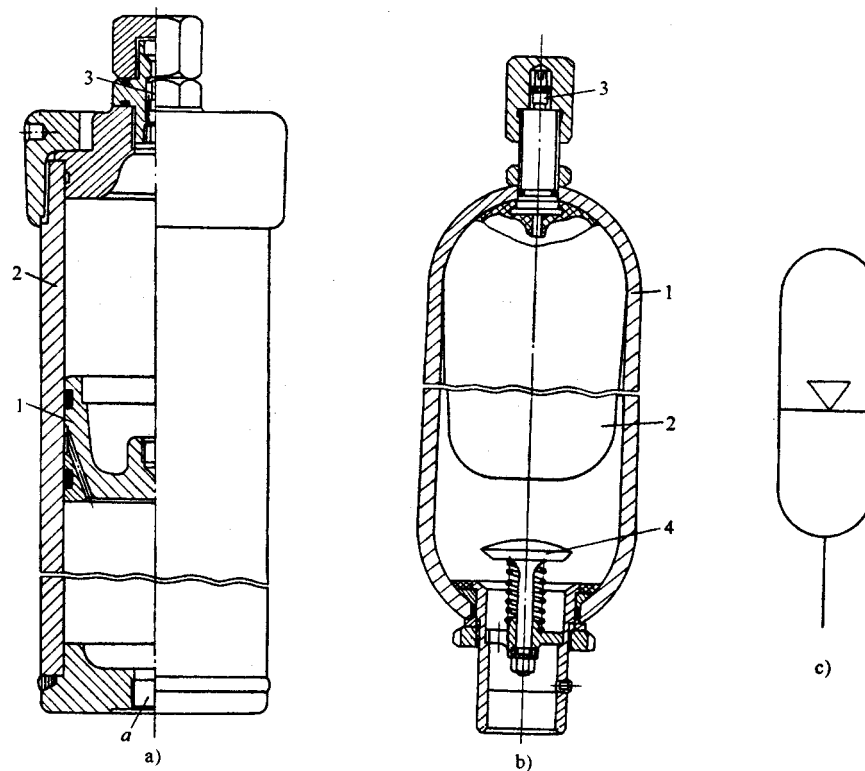


图3—25 充气式蓄能器

4.4 液压辅助元件

4.4.6 油管与管接头

1. 油管：油管材料材料可用金属管或橡胶管，选用时由耐压、装配的难易来决定。吸油管路和回油管路一般用低压的有缝钢管，也可使用橡胶和塑料软管，控制油路中流量小，多用小铜管，考虑配管和工艺方便，在中、低压油路中也常使用铜管，高压油路一般使用冷拔无缝钢管，必要时也采用价格较贵的高压软管。高压软管是由橡胶中间加一层或几层钢丝编织网制成。高压软管比硬管安装方便，可以吸收振动。

管路内径的选择主要考虑降低流动时的压力损失，对于高压管路，通常流速在 $3 \sim 4\text{m/s}$ 左右，对于吸油管路，考虑泵的吸入和防止气穴，通常流速在 $0.6 \sim 1.5\text{m/s}$ 左右。

在装配液压系统时，油管的弯曲半径不能太小，一般应为管道半径的 $3 \sim 5$ 倍。应尽量避免小于 90° 弯管，平行或交叉的油管之间应有适当的间隔并用管夹固定，以防振动和碰撞。



4.4 液压辅助元件

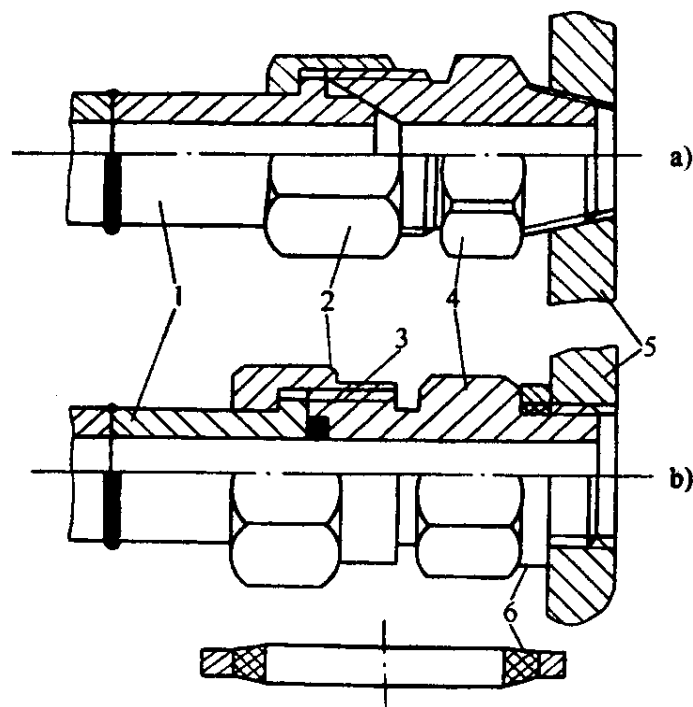


图 3-26 焊接管接头

1—接管 2—螺母 3—密封圈 4—接头体

5—本体 6—密封圈

4.4 液压辅助元件

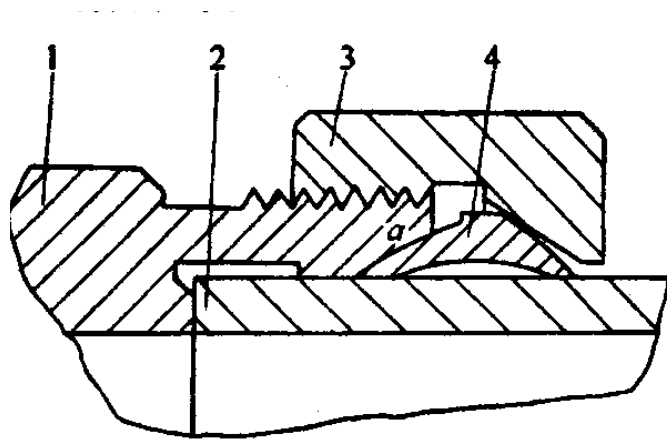


图3-27 卡套管接头

1—接头体 2—管路 3—螺母 4—卡套

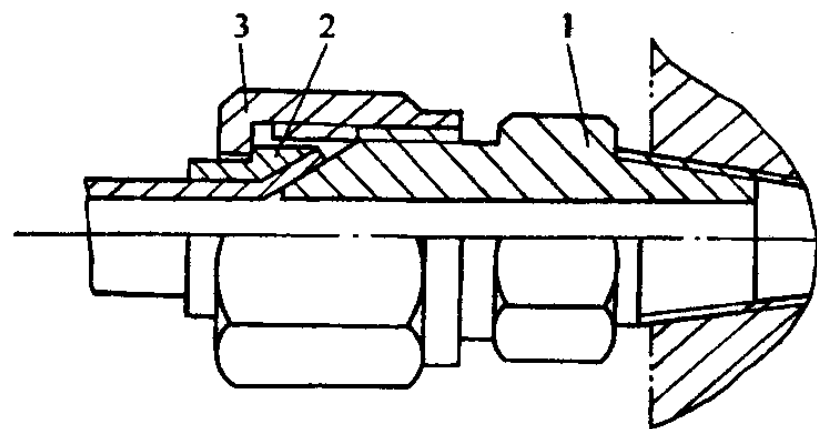


图3-28 扩口管接头

1—接头体 2—管套 3—螺母

4.4 液压辅助元件

4.4.6 油管与管接头

2. 管接头：有焊接接头、卡套式接头、扩口接头、扣压式接头、快速接头等几种形式，如图 3—26、图 3—27、图 3—28、图 3—29、图 3—30 所示，由使用需要来决定采用何种连接方式。

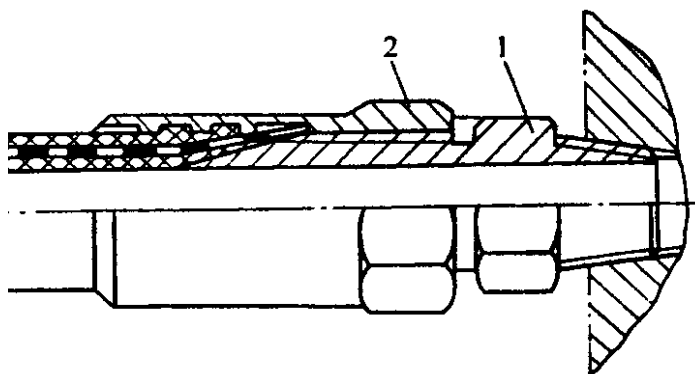


图3-29 扣压式胶管接头

1—芯管 2—接头外套

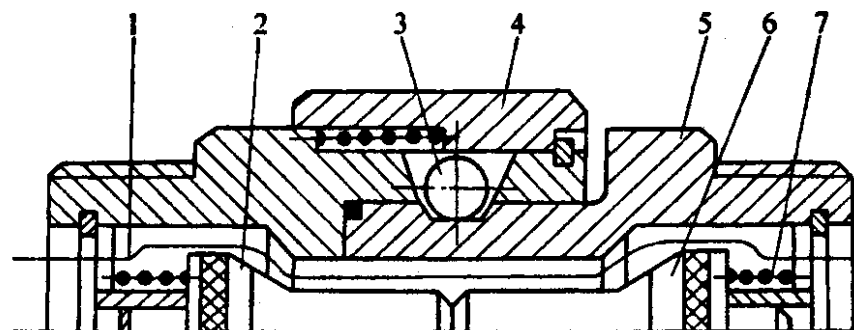


图3-30 快速接头

1、7—弹簧 2、6—阀芯 3—钢球 4—外套 5—接头体

总 结

- ✓ 方向控制阀
- ✓ 压力控制阀及应用
- ✓ 流量控制阀及应用
- ✓ 叠加阀
- ✓ 插装阀
- ✓ 液压辅助元件



思考题与习题

- 4 — 1 何谓换向阀的“位”与“通”？画出三位四通电磁换向阀、二位三通机动换向阀及三位五通电磁换向阀的职能符号。
- 4 — 2 何谓中位机能？画出“O”型、“M”型、“P”型中位机能并说明各适用何种场合？
- 4 — 3 如果将先导式溢流阀平衡活塞上的阻尼孔堵塞，对液压系统会有什么影响？
- 4 — 4 将减压阀的进、出油口反接，会产生什么情形？（分两种情况讨论：压力高于减压阀调定压力和低于调定压力）。
- 4 — 5 为何顺序阀不能采用内部排泄型？ 3 — 4 简述油箱的功能？油箱内隔板的功能？
- 4 — 5 油箱上装空气滤清器的目的是什么？
- 4 — 6 根据经验，开式油箱有效容积为泵流量的多少倍？
- 4 — 7 滤油器在选择时应该注意哪些问题？
- 4 — 8 简述液压系统中安装冷却器的原因。
- 4 — 9 油冷却器依冷却方式分为哪两大类？
- 4 — 10 简述蓄能器的功能。
- 4 — 11 蓄能器种类有哪几类？常用的是那一类？

