

§4-2 方向控制阀

§4-2 方向控制阀

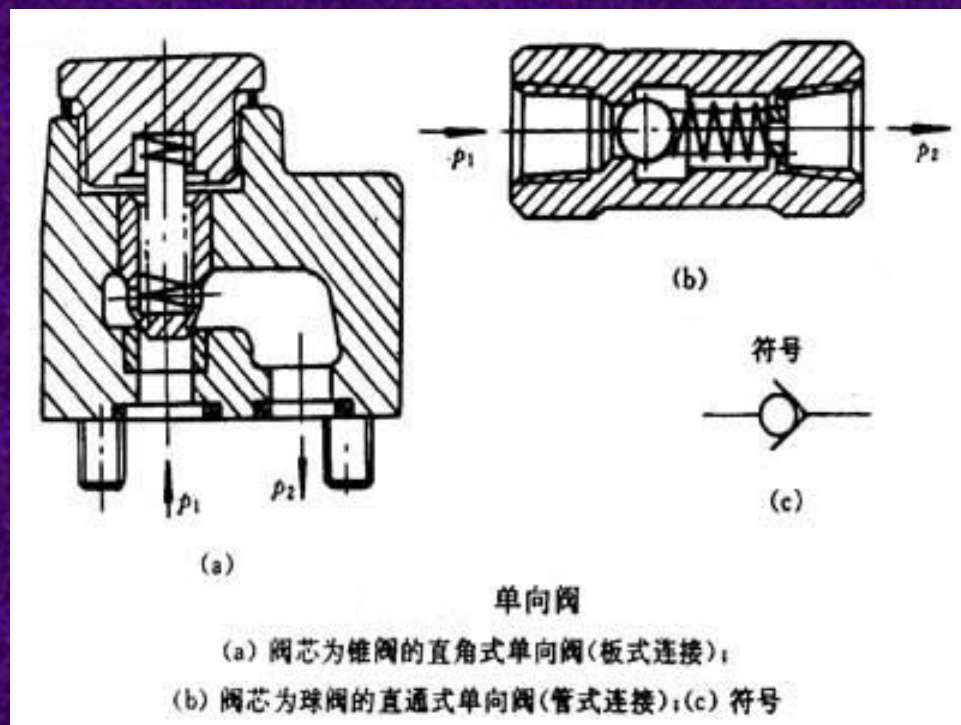
方向控制阀是用来改变液压系统中个油路之间液流通断关系的阀类。

一、单向阀

单向阀有普通单向阀和液控单向阀。

1、普通单向阀

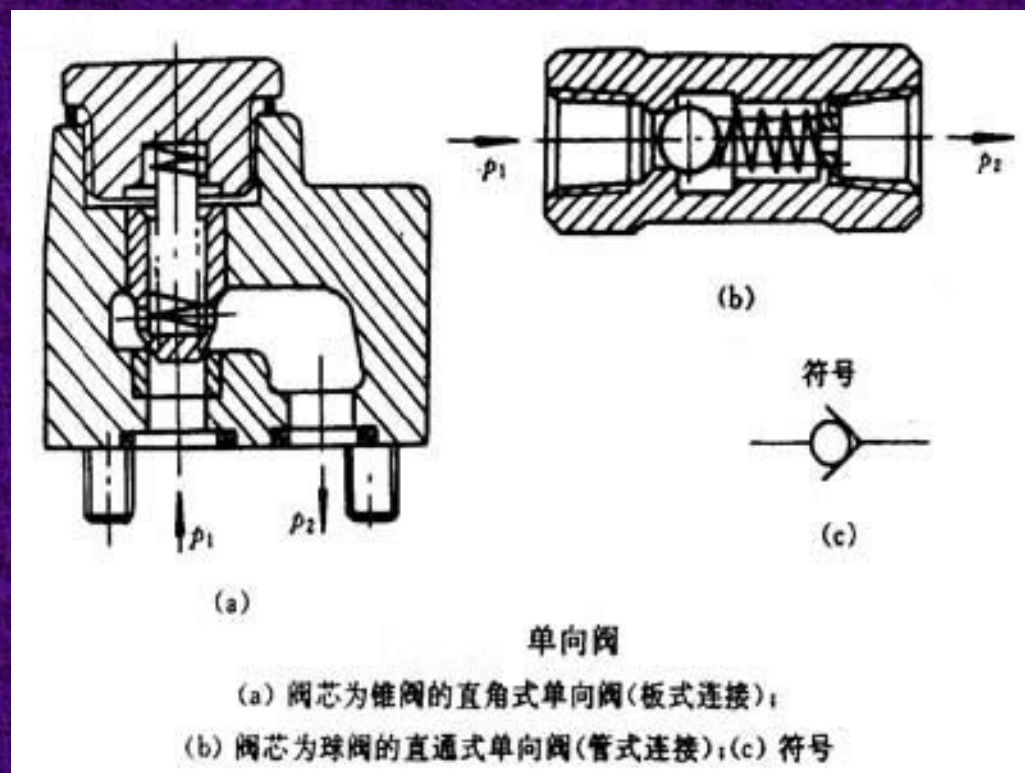
如图所示，普通单向阀的作用是使液体只能沿一个方向流动，不许它反向倒流。



对单向阀的要求主要有：

- ① 通过液流时压力损失要小，而反向截止时密封性要好；
- ② 动作灵敏，工作时无撞击和噪声。

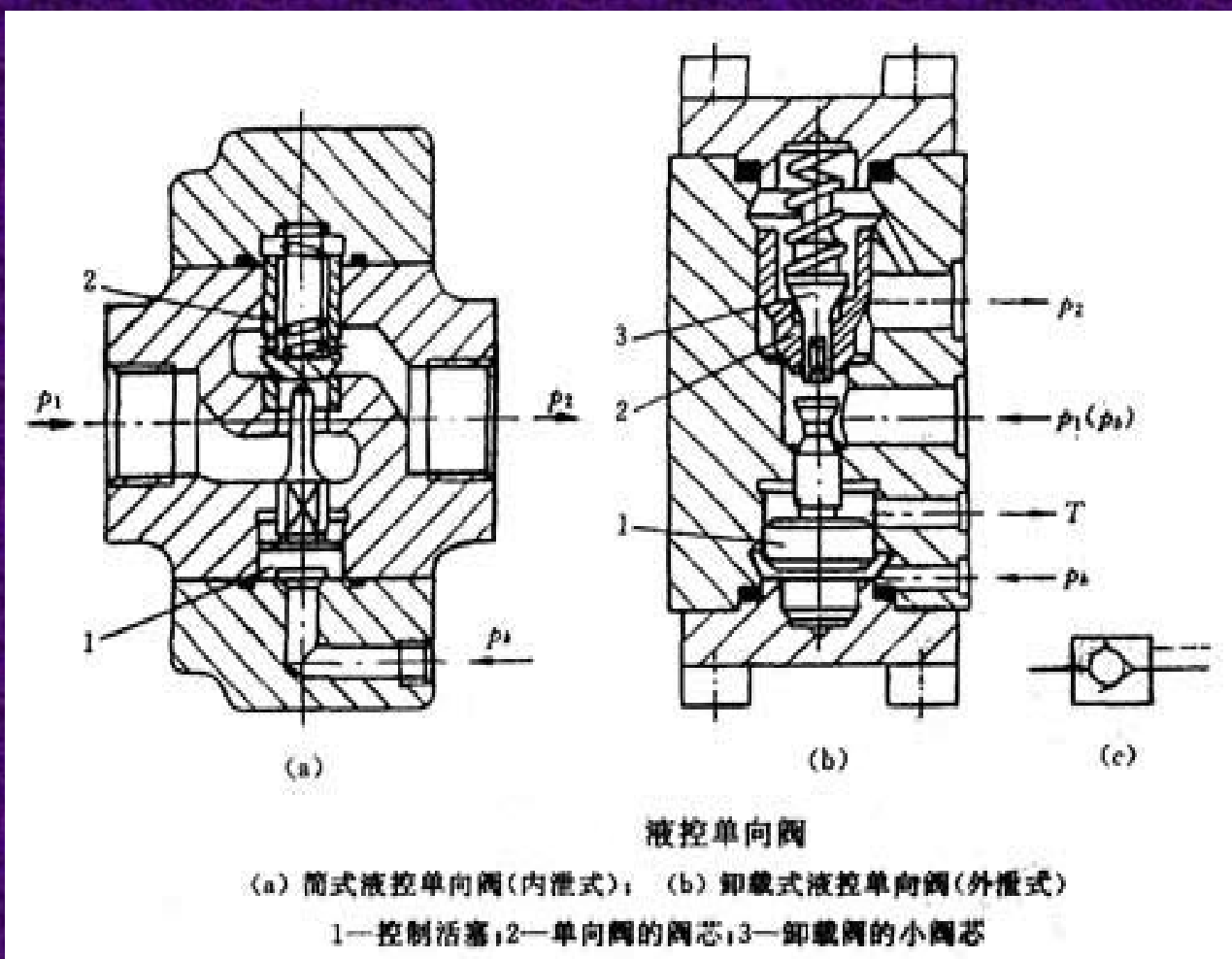
当液流从 p_1 流入时，克服弹簧力将阀芯顶开，流向 p_2 。当液流反向流入时，阀芯在液压力和弹簧力的作用下关闭阀口，使液流截止。



主要用途:

- 选择液流方向。
- 区分高低压油。
- 保护泵正常工作（防止压力突然增高，反向传给泵，造成反转或损坏）。
- 泵停止供油时，保护缸中活塞的位置。
- 作背压阀用，提高执行元件的运动平稳性（背压作用—保持低压回路的压力）。

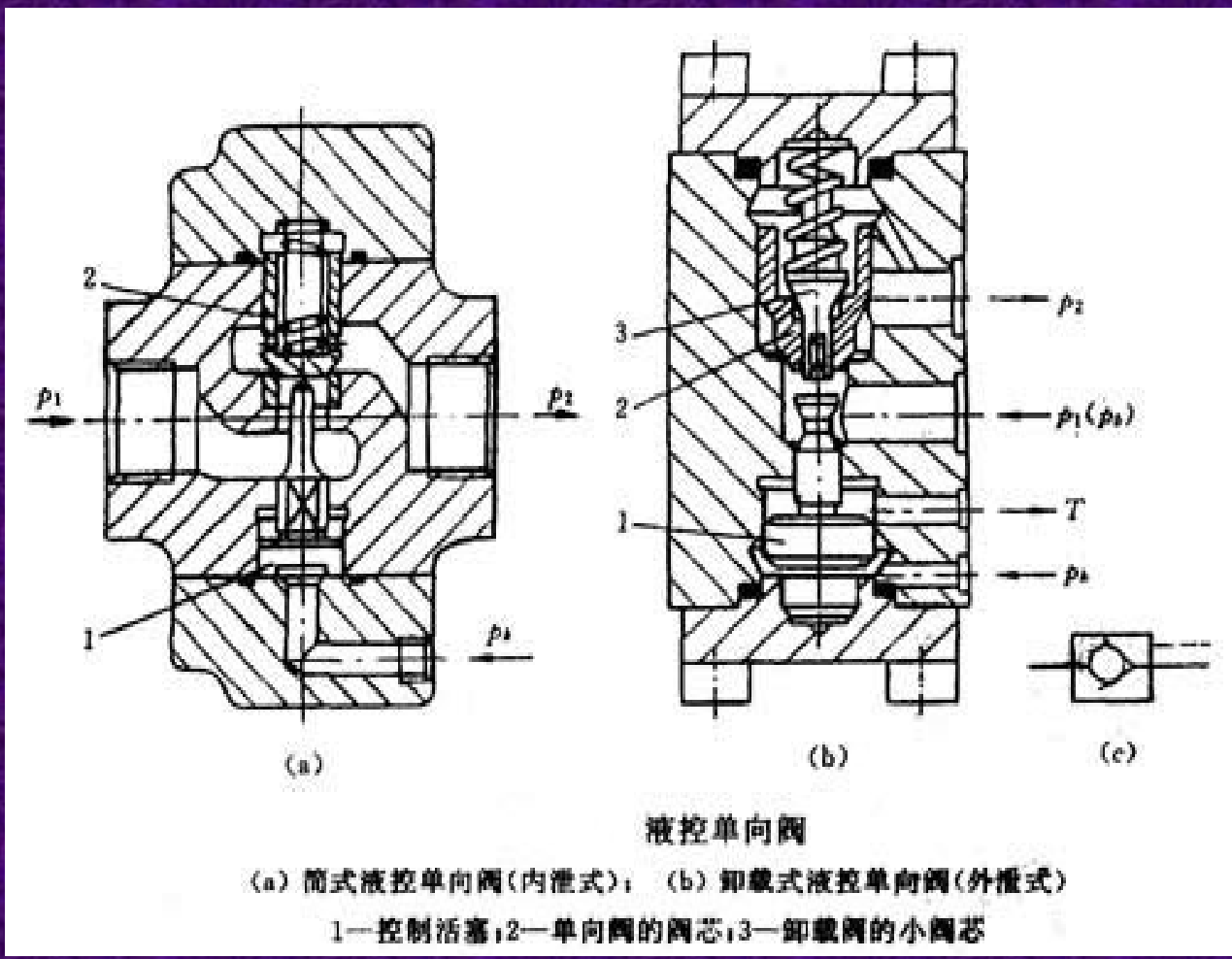
2、液控单向阀



如图所示，当控制口无压力油（ $p_k=0$ ）通过时，它和普通单向阀一样，压力油只能从 p_1 流向 p_2 ，不能反向倒流。

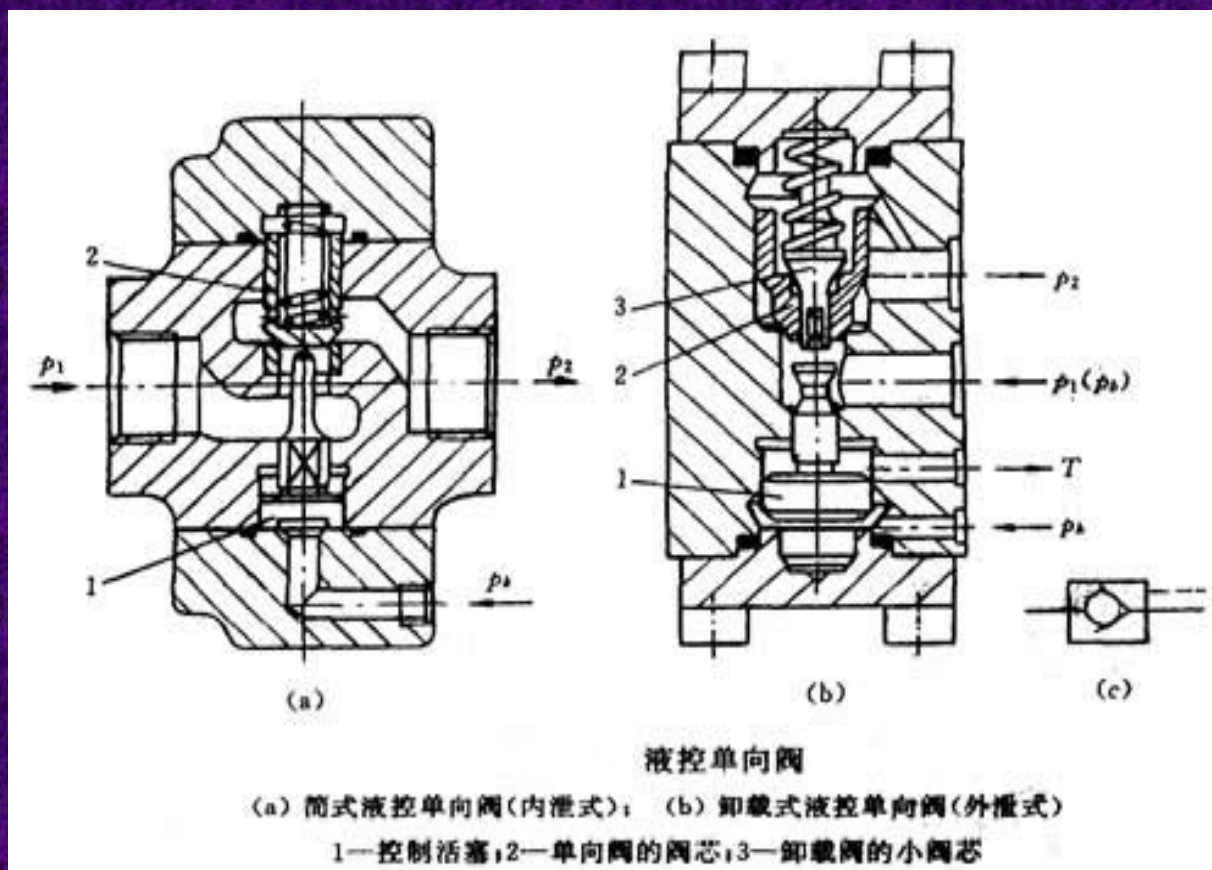
§4-2 方向控制阀

当控制口
接通控制油压 p_k
时，即可推动控制
活塞 1，顶开
单向阀的阀芯 2
，使反向截止作
用得到解除，液
体即可在两个方
向自由通流。



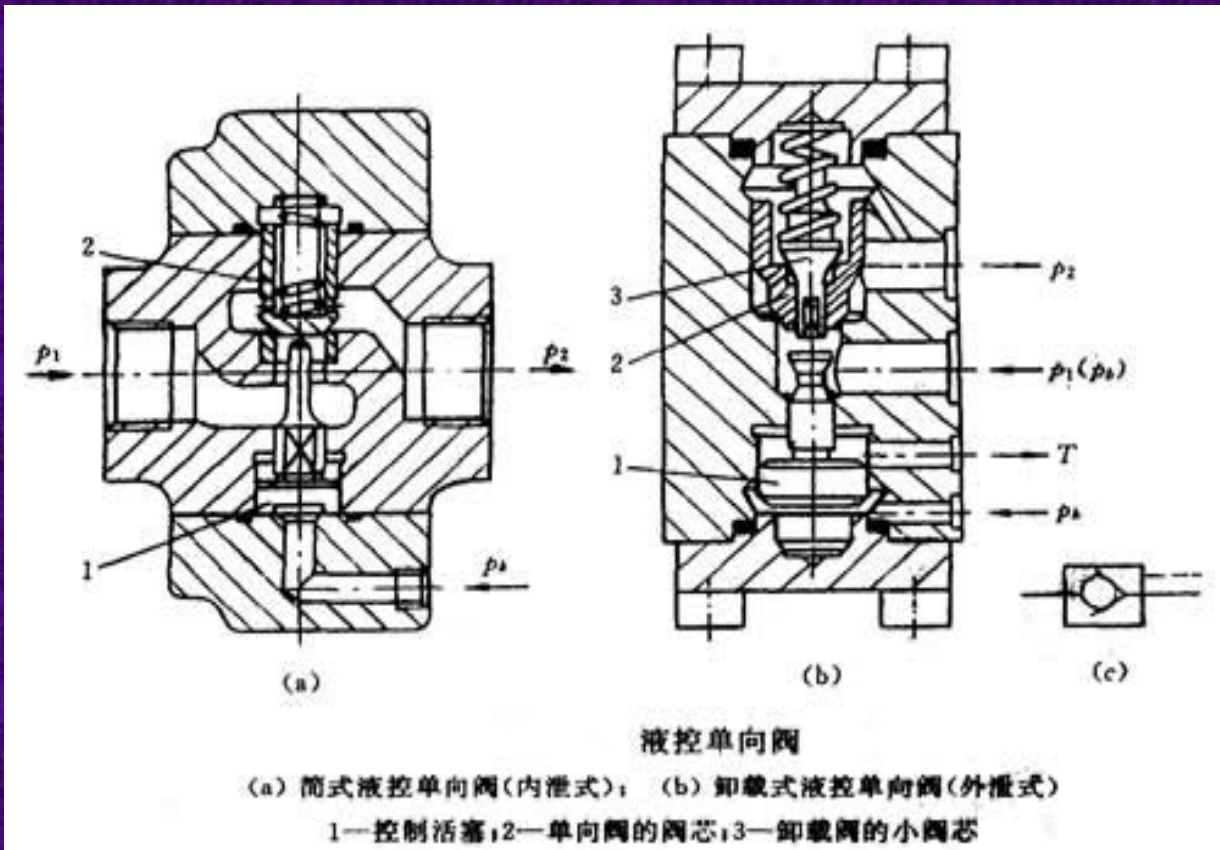
§4-2 方向控制阀

液控单向阀按控制活塞的泄油方式不同，有内泄式和外泄式之分。



内泄式（见图 **a**）的控制活塞的背压腔通过活塞杆上对称铣去两个缺口与油口 p_1 相通；外泄式（见图 **b**）的活塞背压腔直接通油箱。一般在反向出油口压力 p_1 较低时采用内泄式；高压系统采用外泄式，以减小控制压力。

§4-2 方向控制阀



液控单向阀按结构特点可分为简式 (a) 和卸载式 (b) 两类。

卸载式的特点是带有卸载阀，当控制活塞上移时先顶开卸载阀的小阀芯 3，使主油路卸压，然后再顶开单向阀芯。这样可大大减小控制压力，使控制压力与工作压力之比降低到 4.5 %，因此可用于压力较高的场合。

二、换向阀

换向阀是借助于阀芯与阀体之间的相对运动，使之与阀体相连的各油路实现接通、切断，或改变液流方向的阀类。对换向阀的基本要求是：

- ① 液流通过阀时压力损失小（一般 $\Delta p < 0.1 \sim 0.3$ MPa）；
- ② 互不相通的液流间的泄漏小；
- ③ 换向可靠、迅速且平稳无冲击。

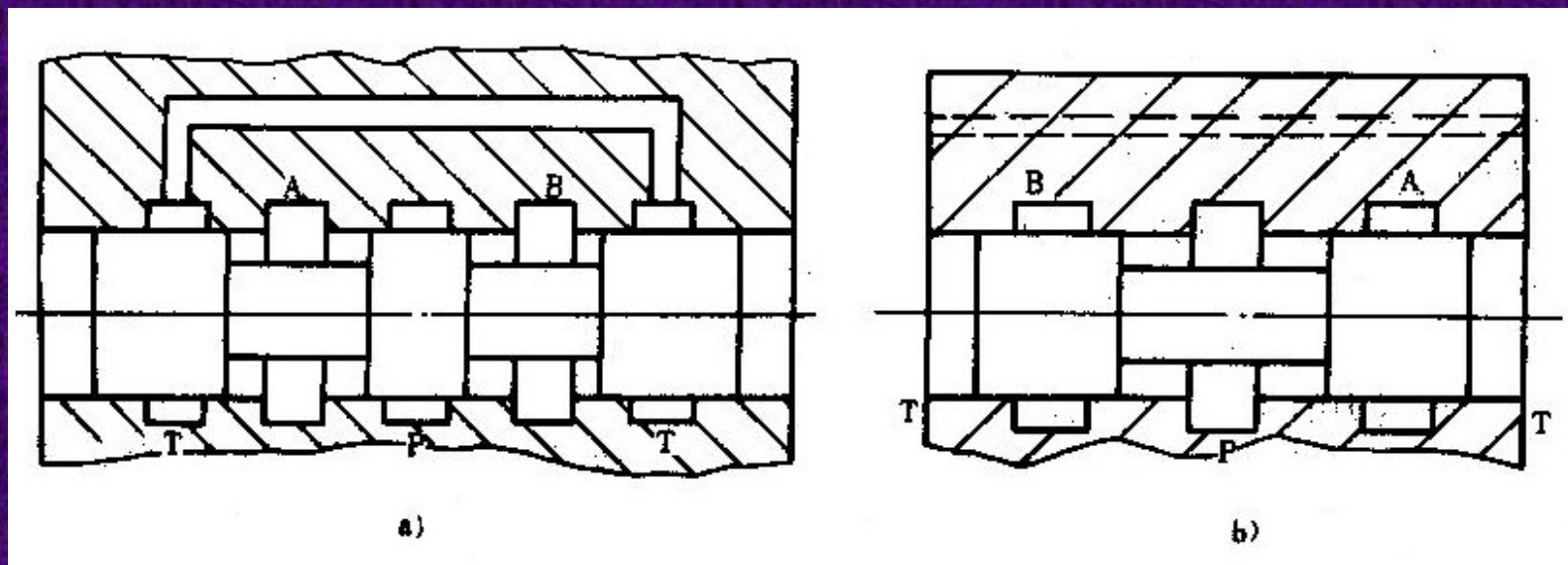
1、换向阀分类

换向阀的分类如下表所示:

分类方法	类型
按阀的结构形式分	滑阀式、转阀式、球阀式、锥阀式（即逻辑换向阀）
按阀的操纵方式分	手动、机动、电磁、液动、电液动
按阀的工作位置数和控制的通道数来分	二位二通、二位三通、二位四通、三位四通、三位五通等

2、滑阀式换向阀

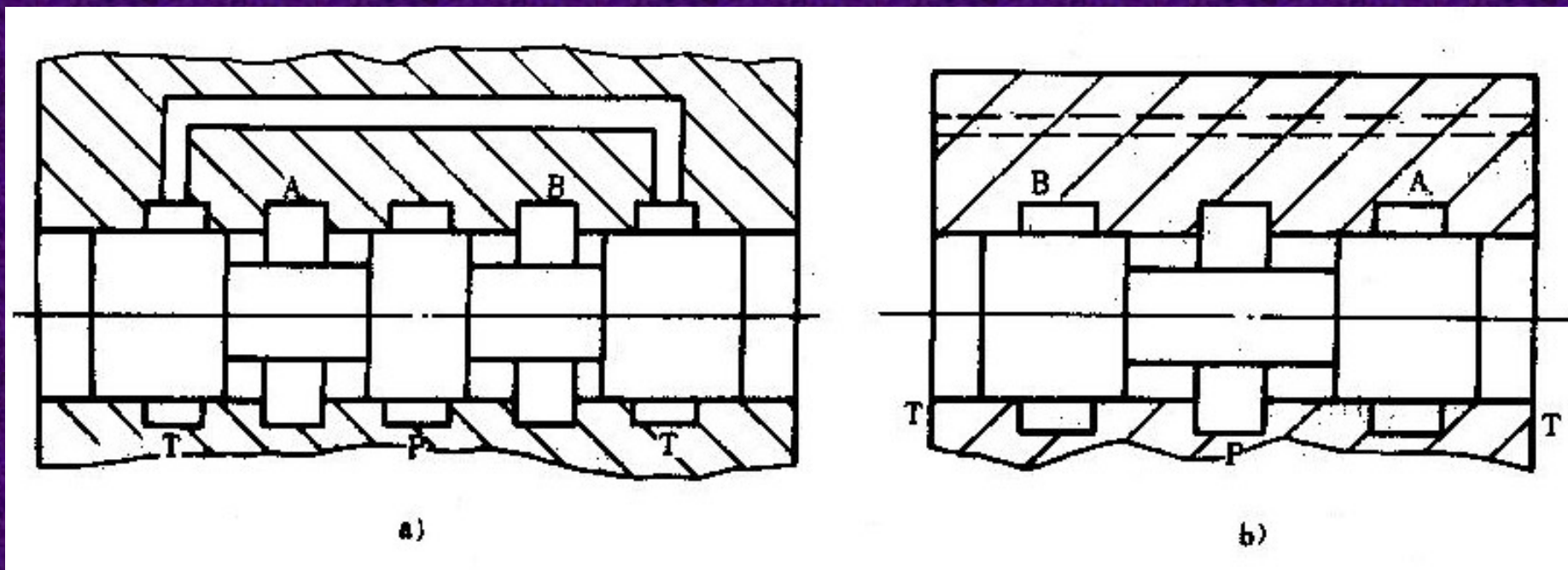
(1) . 结构形式



滑阀式换向阀阀芯台肩和阀体沉割槽可以是三台肩五割槽或二台肩三割槽。

当阀芯运动时，通过阀芯台肩开启或封闭阀体沉割槽，接通或关闭与沉割槽相通的油口。

§4-2 方向控制阀



图示为四通阀，图 a) 为三台肩五割槽，图 b) 为二台肩三割槽。

图示位置油口 P、A、B、T 均不通；

阀芯左移（右位）P 通 B、A 通 T；

阀芯右移（左位）P 通 A、B 通 T。

§4-2 方向控制阀

常用的滑阀式换向阀主体部分的结构形式如表所示：

- 1) 用方框表示阀的工作位置，有几个方框就表示有几“位”。
- 2) 方框内的直线表示油液流动的路线，但箭头方向不一定表示液流的实际方向。

常用滑阀式换向阀主体部分的结构形式和图形符号

名称	结构原理图	图形符号
二位 二通		
二位 三通		
二位 四通		
二位 五通		
三位 四通		
三位 五通		

§4-2 方向控制阀

3) 方框内“⊥”或“┐”表示该通路不通。

4) 方框外部连接的接口数有几个，就表示几“通”。

5) 一般，阀与系统供油路连接的进油口用字母 P 表示；阀与系统回油路连通的回油口用 T(有时用 O) 表示；而阀与执行元件连接的油口用 A、B 等表示。有时在图形符号上用 L 表示泄漏油口。

常用滑阀式换向阀主体部分的结构形式和图形符号

名称	结构原理图	图形符号
二位 二通		
二位 三通		
二位 四通		
二位 五通		
三位 四通		
三位 五通		

§4-2 方向控制阀

6) 换向阀都有两个或两个以上的工作位置，其中一个为常态位，即阀芯未受到操纵力时所处的位置。图形符号中的中位是三位阀的常态位。利用弹簧复位的二位阀则以靠近弹簧的方框内的通路状态为其常态位。绘制系统图时，油路一般应连接在换向阀的常态位上。

常用滑阀式换向阀主体部分的结构形式和图形符号

名称	结构原理图	图形符号
二位 二通		
二位 三通		
二位 四通		
二位 五通		
三位 四通		
三位 五通		

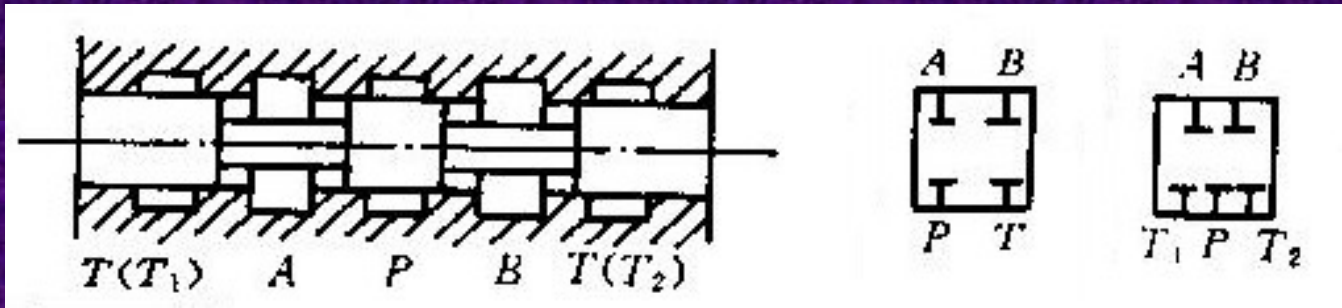
（2）滑阀机能

三位四通和三位五通换向阀，滑阀在中位时各油口的连通方式称为滑阀机能。

对三位四通（五通）滑阀，左、右工作位置用于执行元件的换向，一般为P与A通、B与T通或P与B通、A与T通；中位则有多种机能以满足该执行元件处于非运动状态时系统的不同要求。

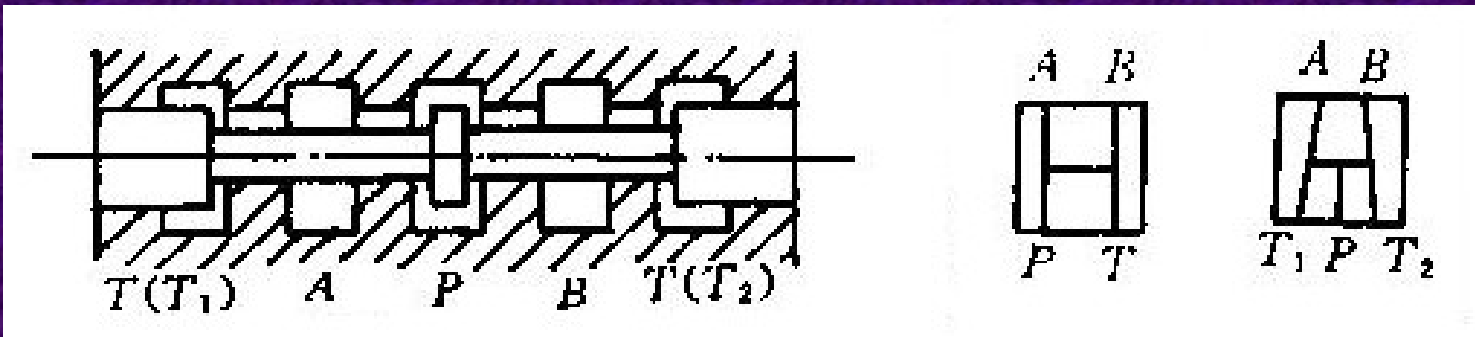
不同机能的滑阀，其阀体是通用件，而区别仅在于阀芯台肩结构、轴向尺寸及阀芯上径向通孔的个数。

§4-2 方向控制阀



1) “O” 型机能

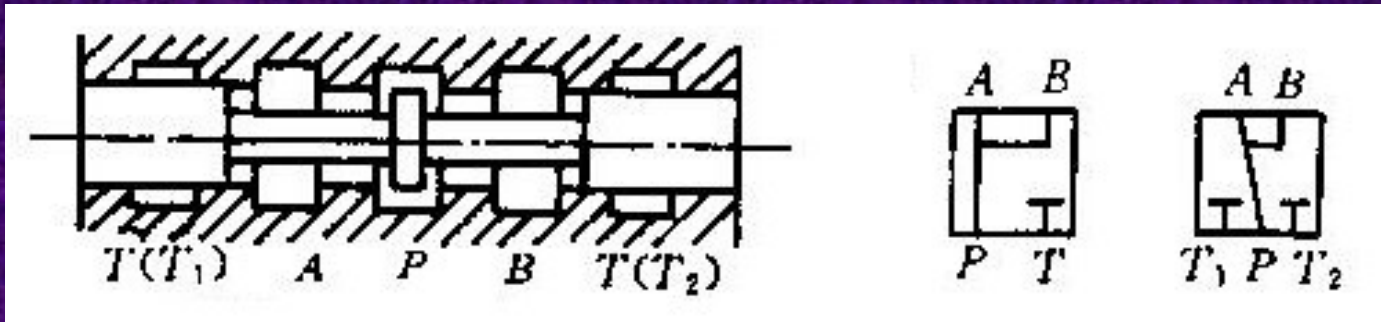
P 、 T 、 A 、 B 互不通，液压缸两腔闭锁、液压泵不卸荷，系统保持压力，可用于多个换向阀并联工



2) “H” 型机能

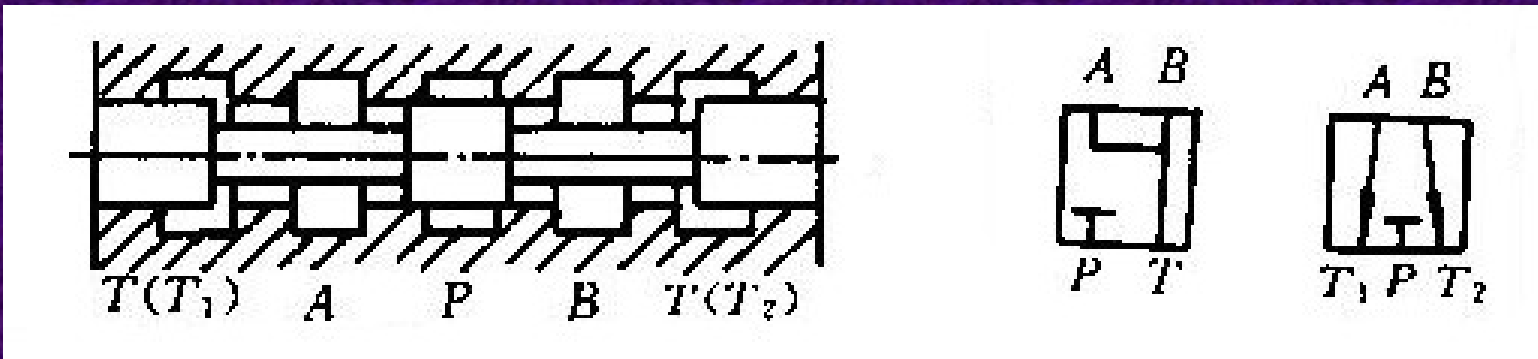
P 、 T 、 A 、 B 互通，液压缸两腔连通，活塞处于浮动状态，液压泵卸荷。

§4-2 方向控制阀



3) “P” 型机能

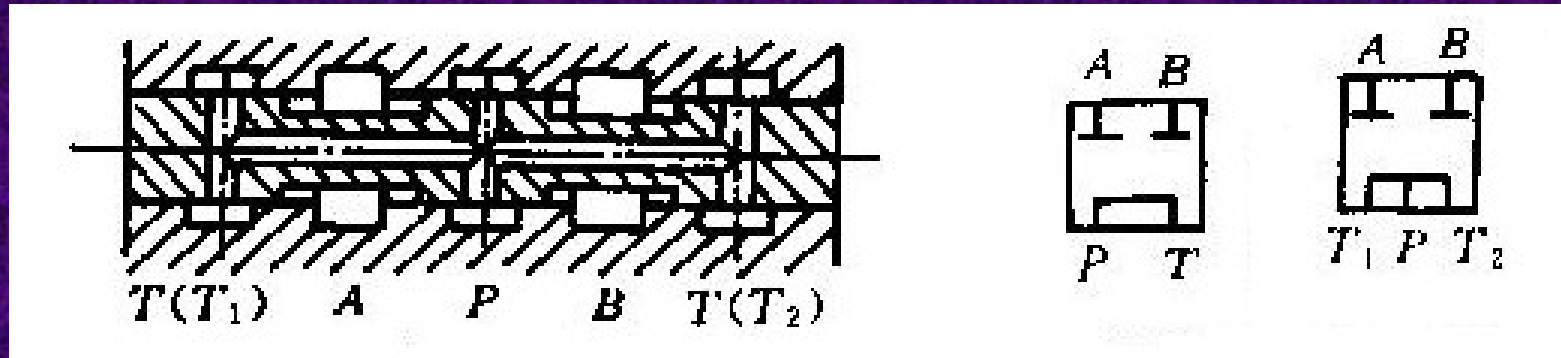
P、A、B 互通，泵与缸两腔相通，可组成液压缸的差动回路。



4) “Y” 型机能

T、A、B 互通，液压泵不卸荷，液压缸成浮动状态。

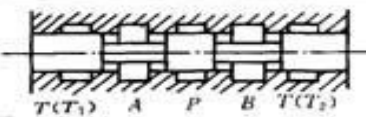
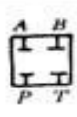
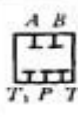
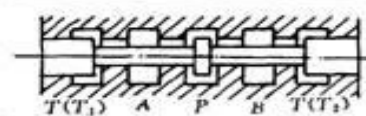
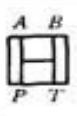
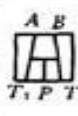
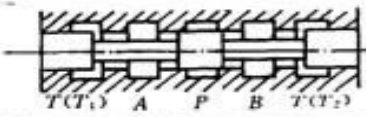
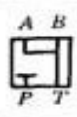
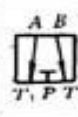
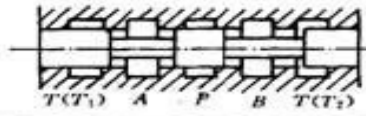
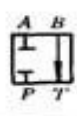
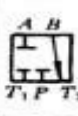
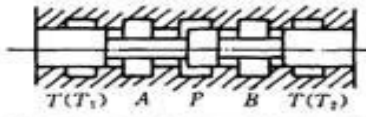
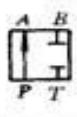

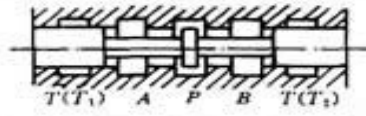


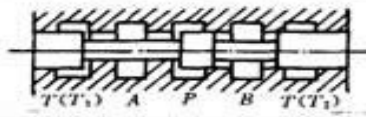
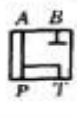

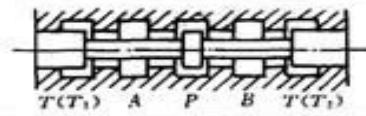
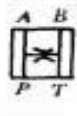

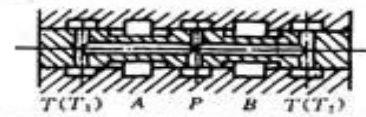
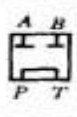
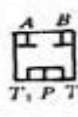
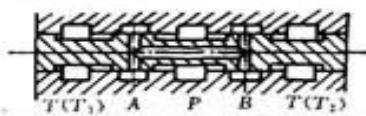
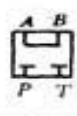

§4-2 方向控制阀



5)“M”型机能

P 、 T 互通，液压泵卸荷，液压缸两腔闭锁。

表 5-5 三位换向阀的滑阀机能

机能代号	中间位置时的滑阀状态	中间位置的符号		中间位置时的性能特点
		三位四通	三位五通	
O				各油口全部关闭, 系统保持压力, 缸封阀
H				各油口 A、B、P、T 全部连通, 泵卸荷, 缸两腔连通
Y				A、B、T 口连通, P 口保持压力, 缸两腔连通
J				P 口保持压力, 缸 A 口封闭, B 口与回油口 T 接通
C				缸 A 口通压力油, B 口与回油口 T 不通
P				P 口与 A、B 口都连通, 回油口封闭
K				P、A、T 口连通, 泵卸荷, 缸 B 口封闭
X				A、B、P、T 口半开启接通, P 口保持一定压力
M				P、T 口连通, 泵卸荷, 缸 A、B 两油口都封闭
U				A、B 口接通, P、T 口封闭, 缸两腔连通, P 口保持压力

(3)、作用在滑阀上的液压卡紧力

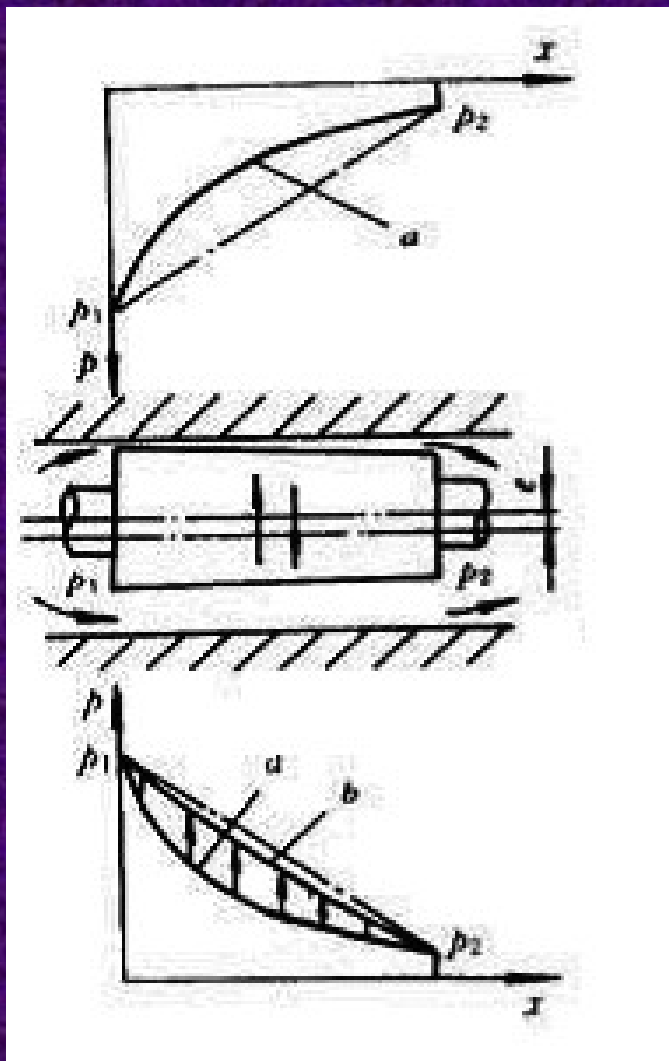
如果阀芯与阀孔都是完全精确的圆柱形，而且径向间隙中不存在任何杂质、径向间隙处处相等，就不会存在因泄漏而产生的径向不平衡力，称之为侧向力。

由于这个侧向力的存在，从而引起阀芯移动时的轴向摩擦阻力，称之为卡紧力。

如果阀芯的驱动力不足以克服这个阻力，就会发生所谓的卡紧现象

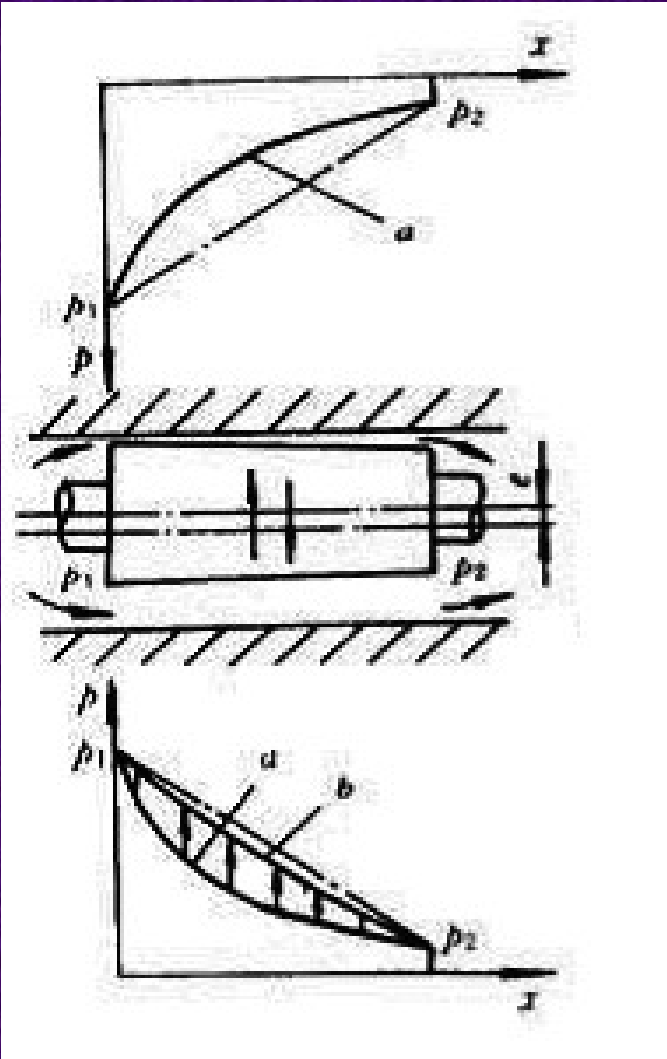
§4-2 方向控制阀

1) 图中 P_1 和 P_2 分别为高、低压腔的压力。



图中表示阀芯因加工误差而带有倒锥（锥部大端在高压腔），同时阀芯与阀孔轴心线平行但不重合而向上有一个偏心距 e 。如果阀芯不带锥度，在缝隙中压力呈三角形分布（图中点划线所示）。此时阀芯上、下受力相同，不会产生径向不平衡力，也不会产生卡紧现象。

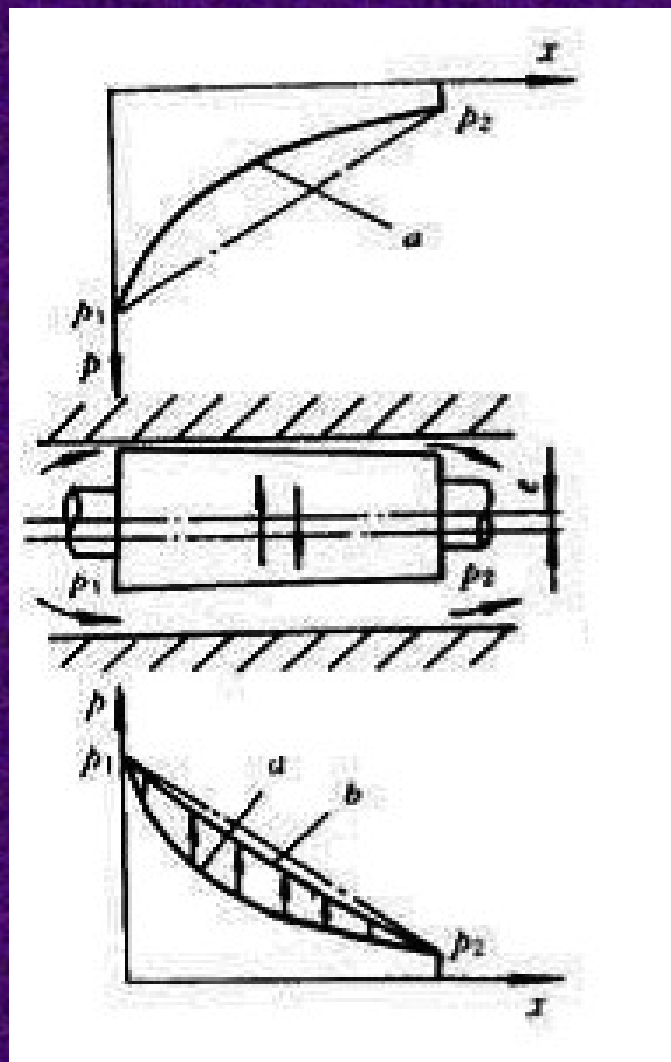
§4-2 方向控制阀



现因阀芯有倒锥，高压腔的缝隙小，压力沿 x 向先急剧下降后变缓，压力分布呈凹形，如图中实线所示。若阀体孔和阀芯没有偏心，上、下侧的压力分布相同，仍不会产生卡紧现象。

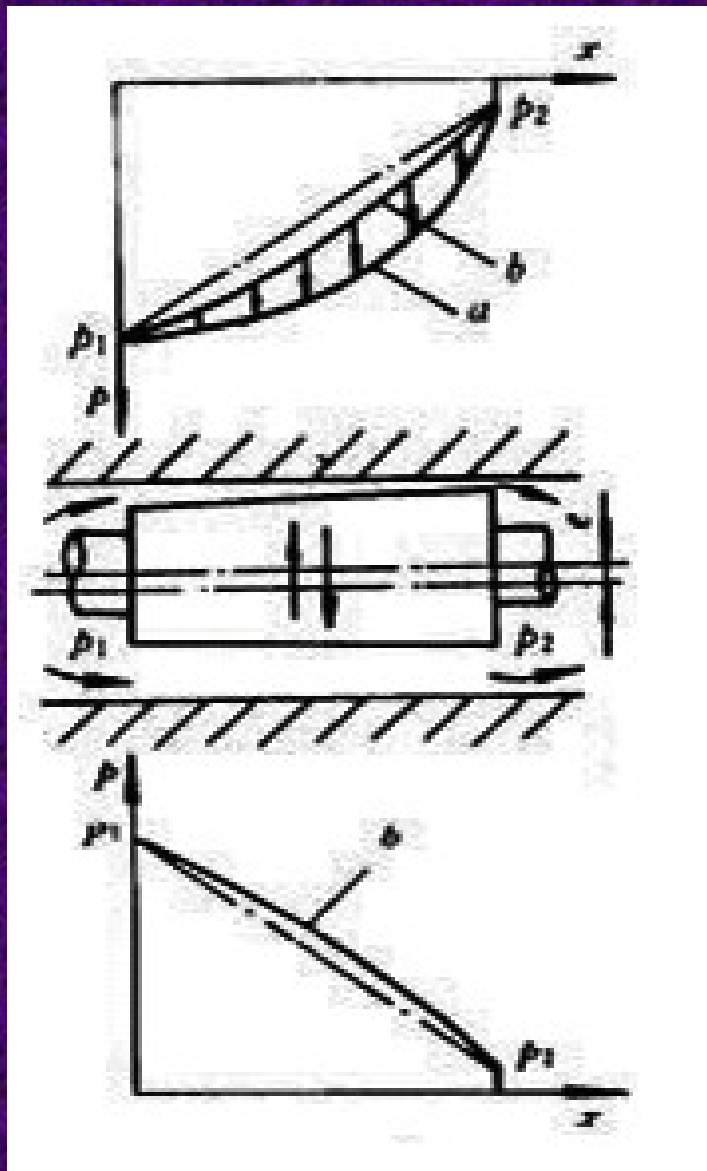
现阀芯和阀体孔有一偏心距 e ，阀芯下部缝隙较大，缝隙两端的压力相对差值较小，所以 b 比 a 凹的小。

§4-2 方向控制阀



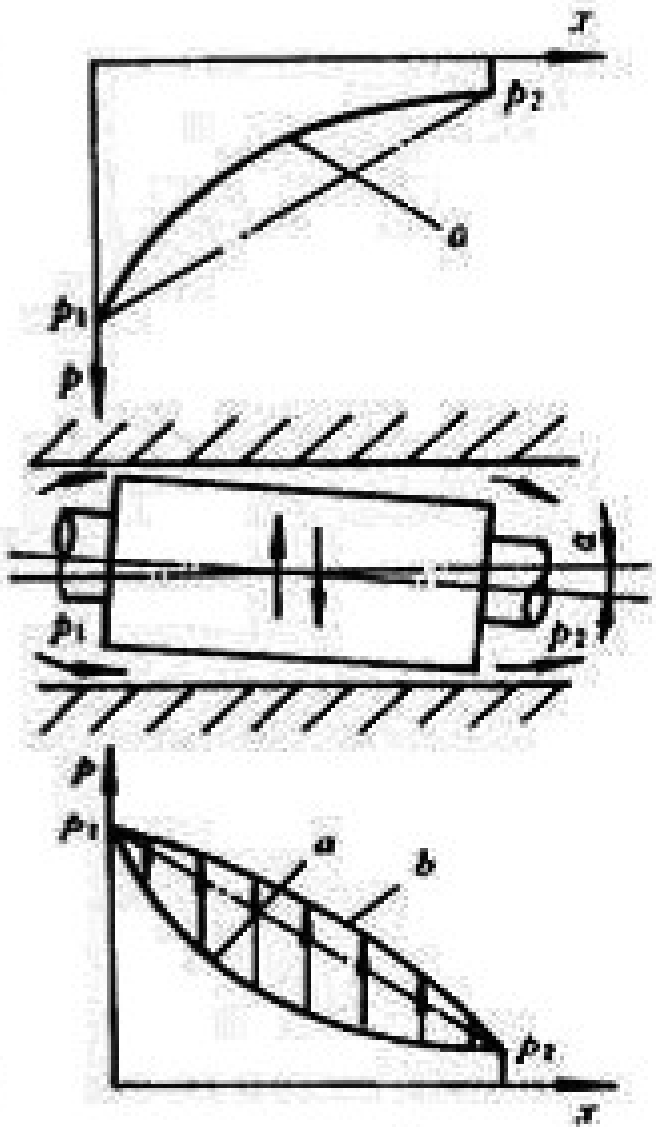
这样，阀芯上就受到一个不平衡的侧向力，如图中带小箭头部分面积所示，其方向使偏心增大，直到二者接触为止。使阀芯运动时的摩擦力急剧增加。

§4-2 方向控制阀



2) 左图所示为阀芯带有顺锥（锥部大端在低压腔），这是阀芯如有偏心，也会产生侧向力，但此力恰好是使阀芯恢复到中心位置，从而避免了液压卡紧。

§4-2 方向控制阀



3) 左图所示为阀芯（或阀体）因弯曲等原因而倾斜时的情况，由图可见，该情况的侧向力较大。

4) 减小液压卡紧力的措施

- 在倒锥时，即严格控制阀芯或阀孔的锥度，但这将给加工带来困难。
- 在阀芯凸肩上开均压槽。均压槽可使同一圆周上各处的压力油互相沟通，此时阀芯在中心定位。
- 采用顺锥。
- 精密过滤油液。

(4)、滑阀式换向阀的操纵方式

1) 手动换向阀（包括脚踏、按钮、推杆、拉杆、手轮、手把等）

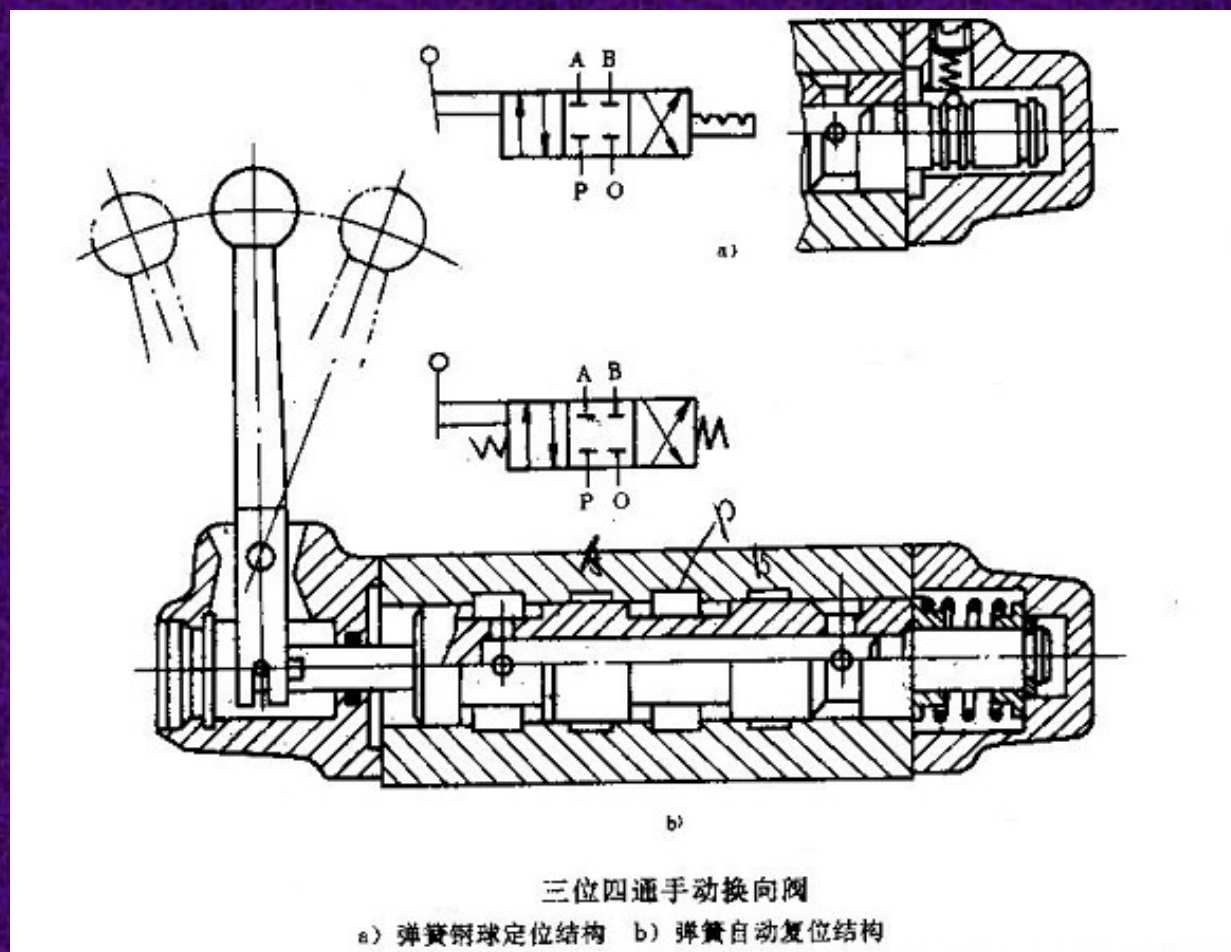
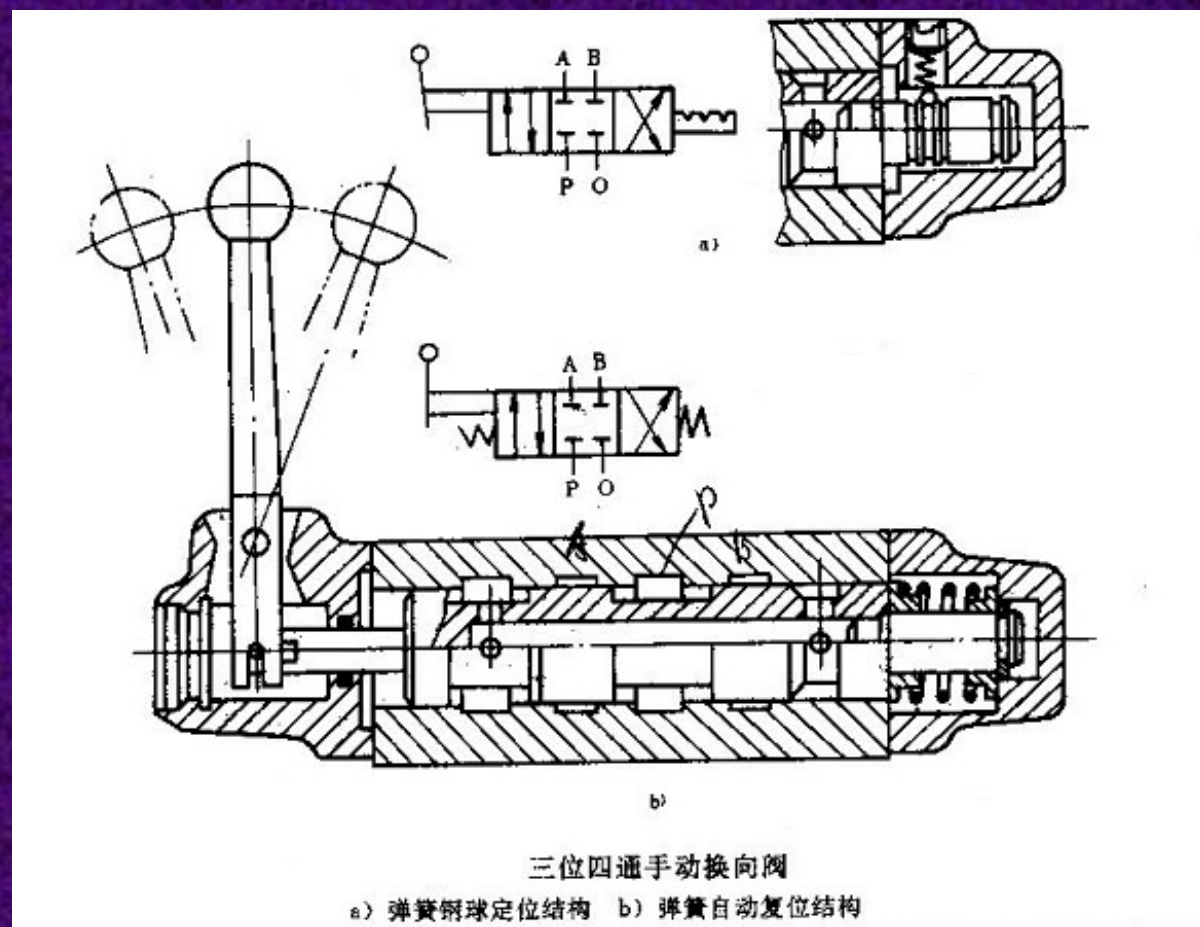


图 b 所示为弹簧自动复位式三位四通手动换向阀。用手操纵杠杆推动阀芯相对阀体移动从而改变工作位置。



要想维持在极端位置，必须用手扳住手柄不放。一旦松开了手柄，阀芯会在弹簧力的作用下，自动弹回中位。

§4-2 方向控制阀

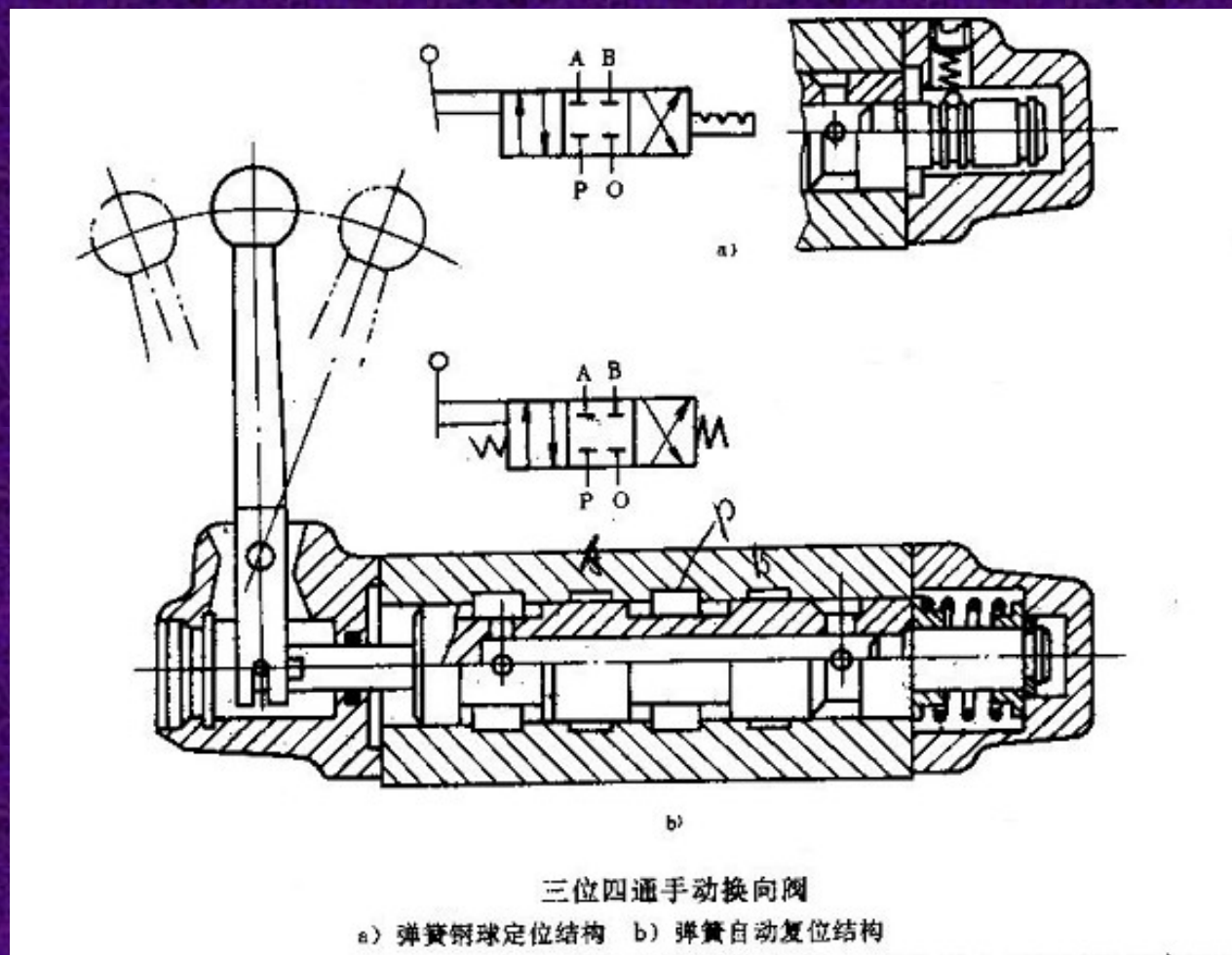
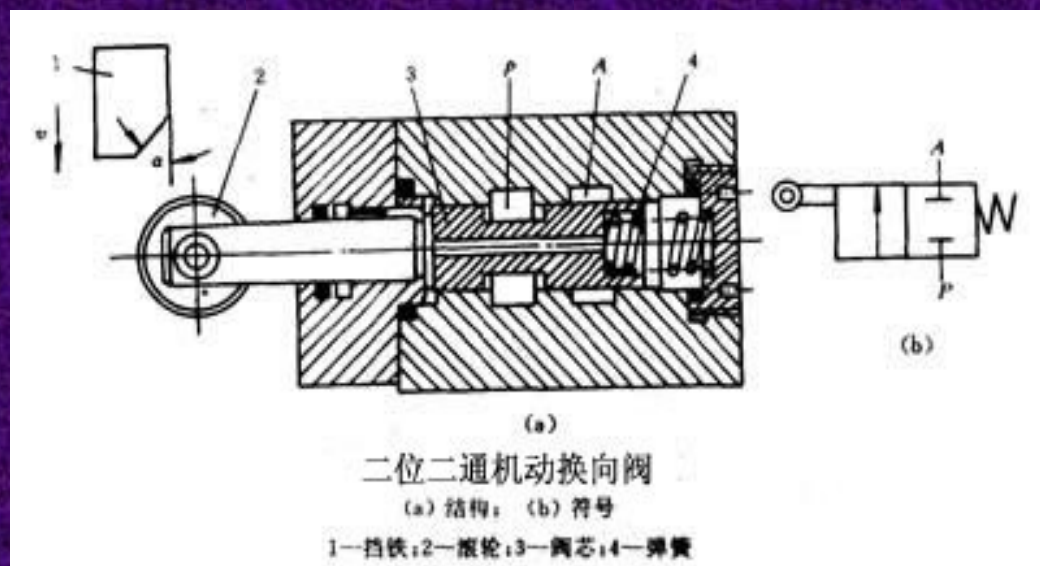


图 a 所示为弹簧钢球定位式，它可以在三个工作位置定位。

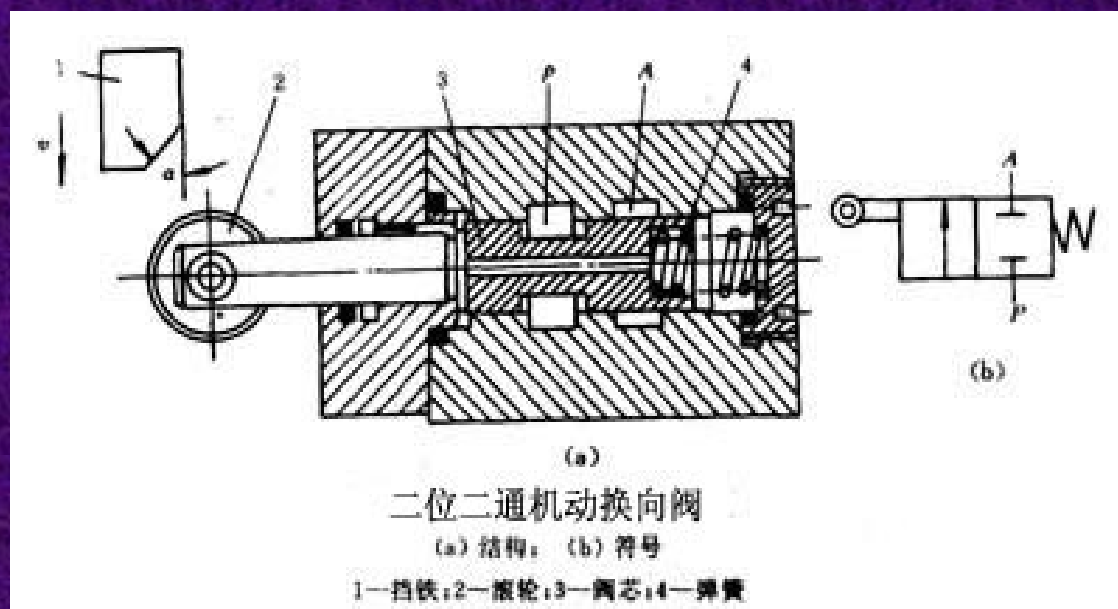
2) 机动换向阀（又称行程阀，常采用撞块、凸轮结构）



机动换向阀用来控制机械运动部件的行程，故又称行程换向阀。

它利用挡铁或凸轮推动阀芯实现换向。

§4-2 方向控制阀



当挡铁（或凸轮）运动速度一定时，可通过改变挡铁斜面角度来改变换向时阀芯移动速度，调节换向过程的快慢。

机动换向阀通常是二位的，有二通、三通、四通、五通几种。

其中二位二通的又分常闭式和常开式两种。
上图所示为常闭式行程阀。

3) 电磁换向阀

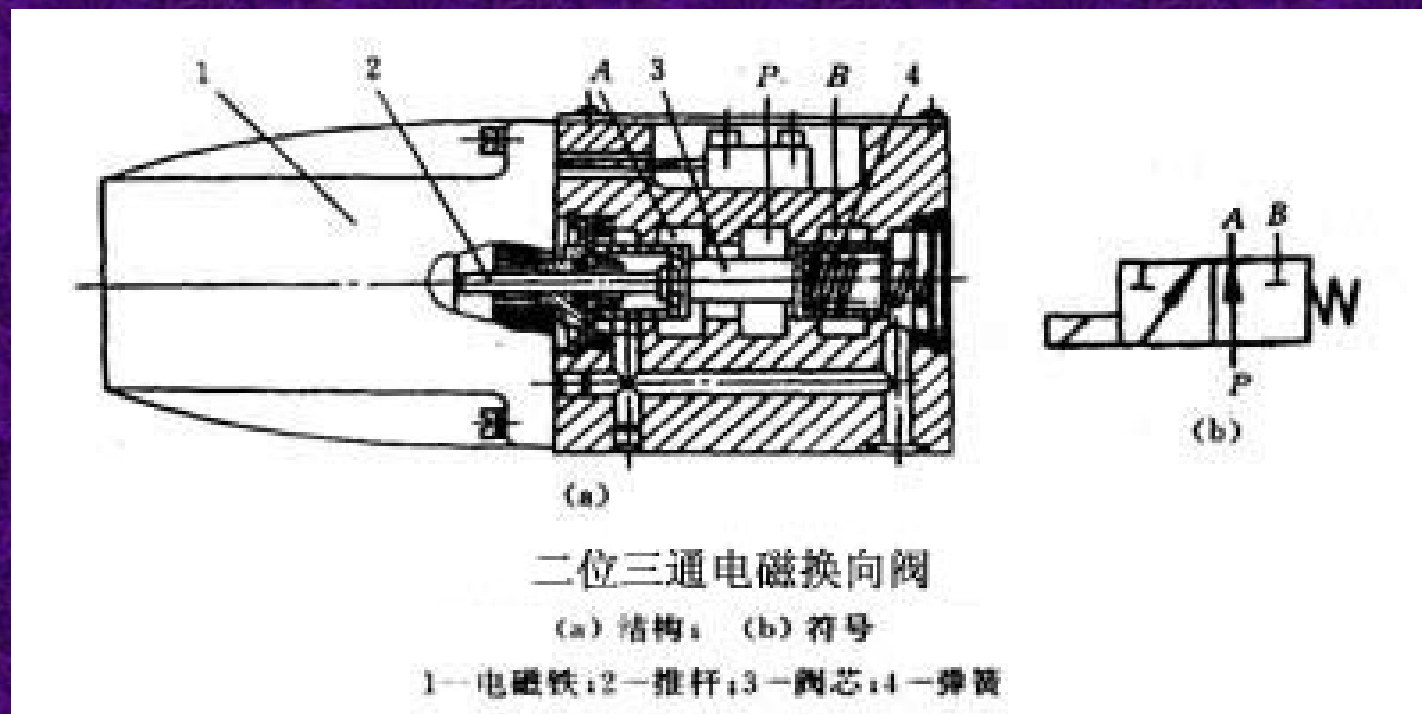
电磁换向阀是利用电磁铁吸力推动阀芯来改变阀的工作位置。由于它可借助于按钮开关、行程开关、限位开关、压力继电器等发出的信号进行控制，所以易于实现动作转换的自动化。

电磁铁的种类：

根据所用的电源不同，分为交流型（110V、220V、380V）、直流型（12V、24V、110V）和本整型（即交流本机整流型）三种。

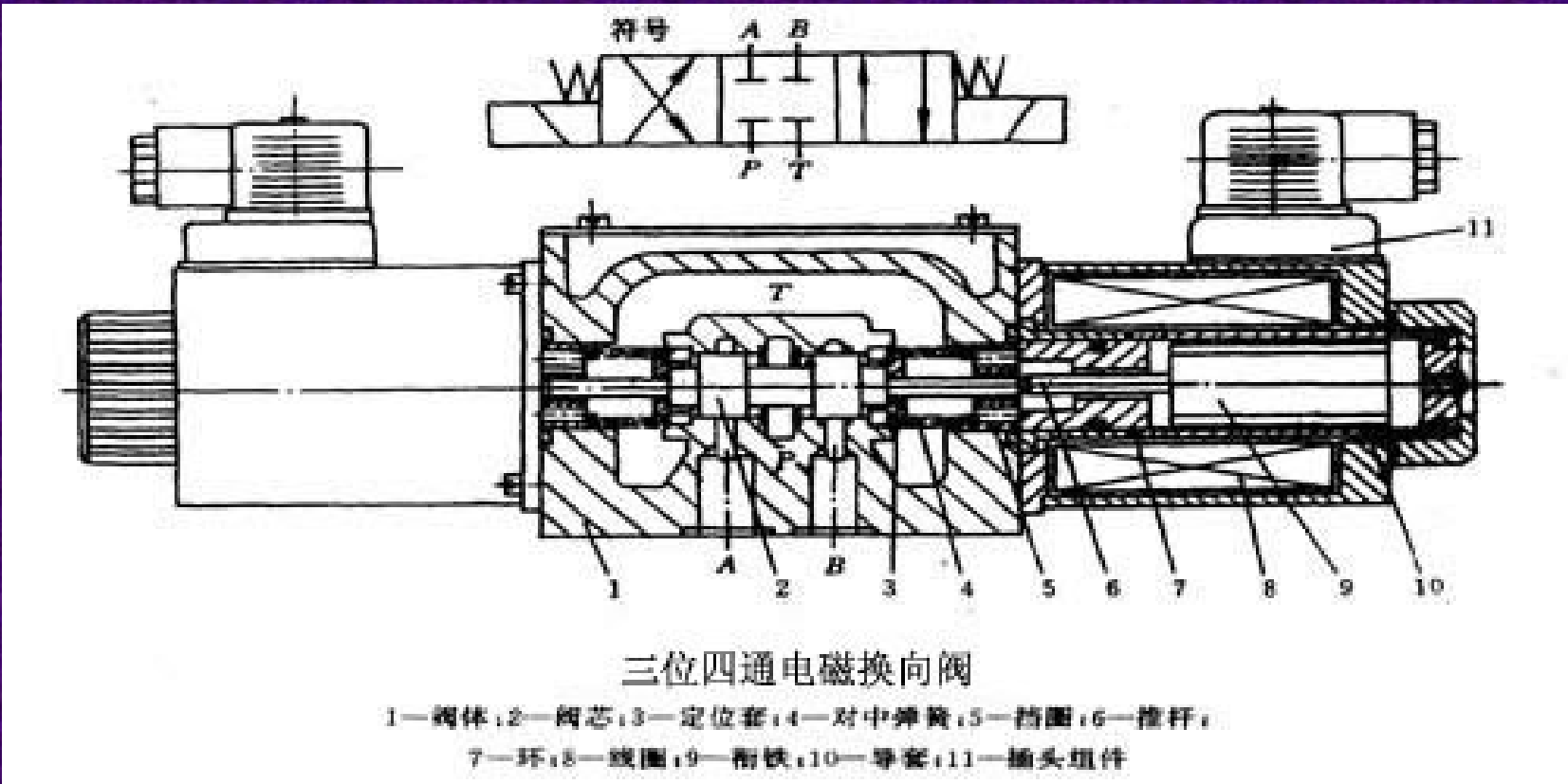
根据电磁铁的铁芯和线圈是否浸油而分为干式、湿式和油浸式三种。

§4-2 方向控制阀



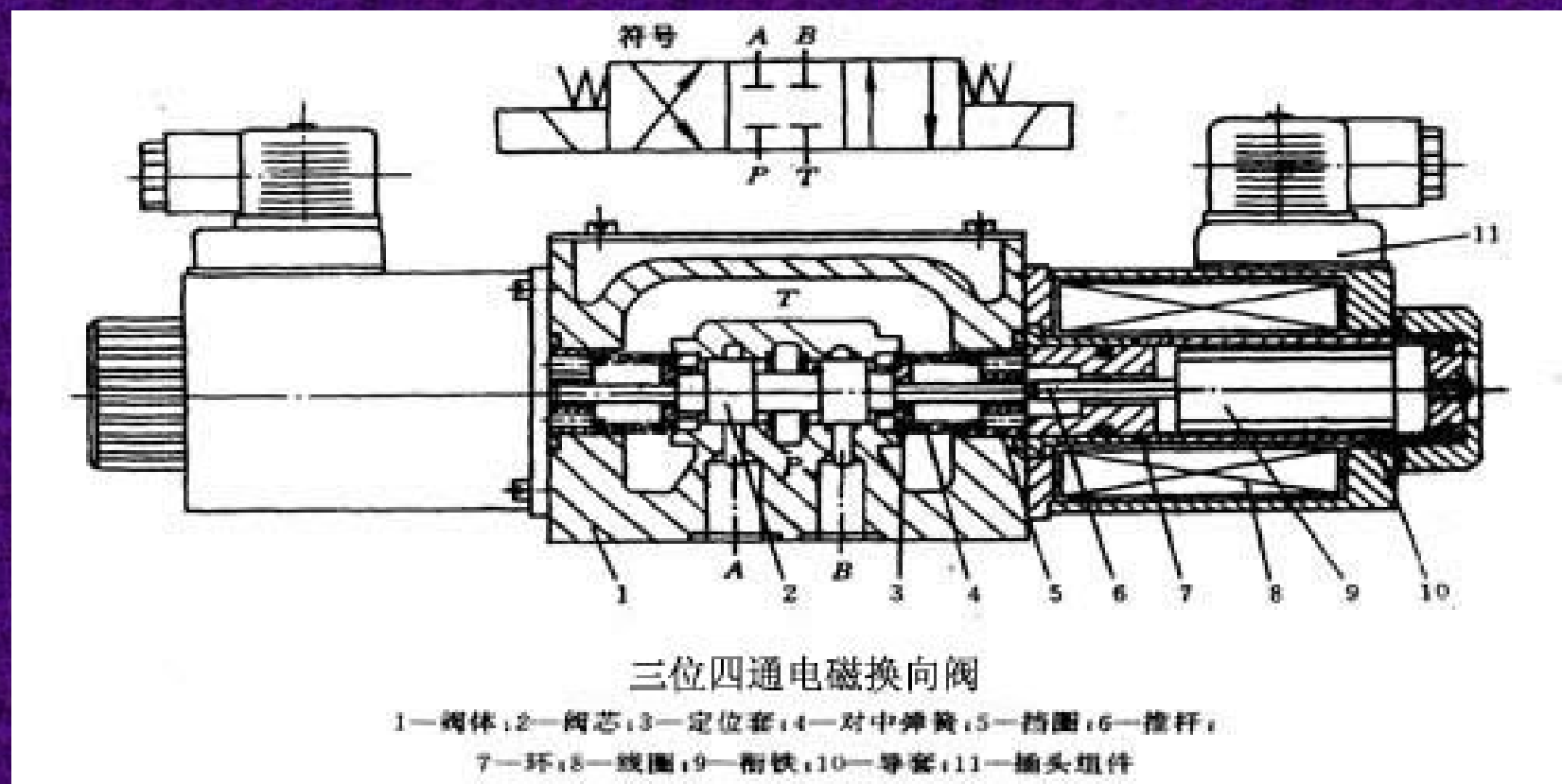
上图所示为二位三通电磁换向阀。当电磁铁 1 断电时，阀芯 3 被弹簧 4 推向左端，P 和 A 接通；当电磁铁通电时，铁芯通过推杆 2 将阀芯 3 推向右端，使 P 和 B 接通。

§4-2 方向控制阀



上图为三位四通电磁换向阀。当两边电磁铁都不通电时，阀芯 2 在两边对中弹簧 4 的作用下处于中位，P、T、A、B 口互不相通；当右边电磁铁通电时，推杆 6 将阀芯 2 推向左端，P 与 A 通，B 与 T 通，当左边电磁铁通电时，P 与 B 通，A 与 T 通。

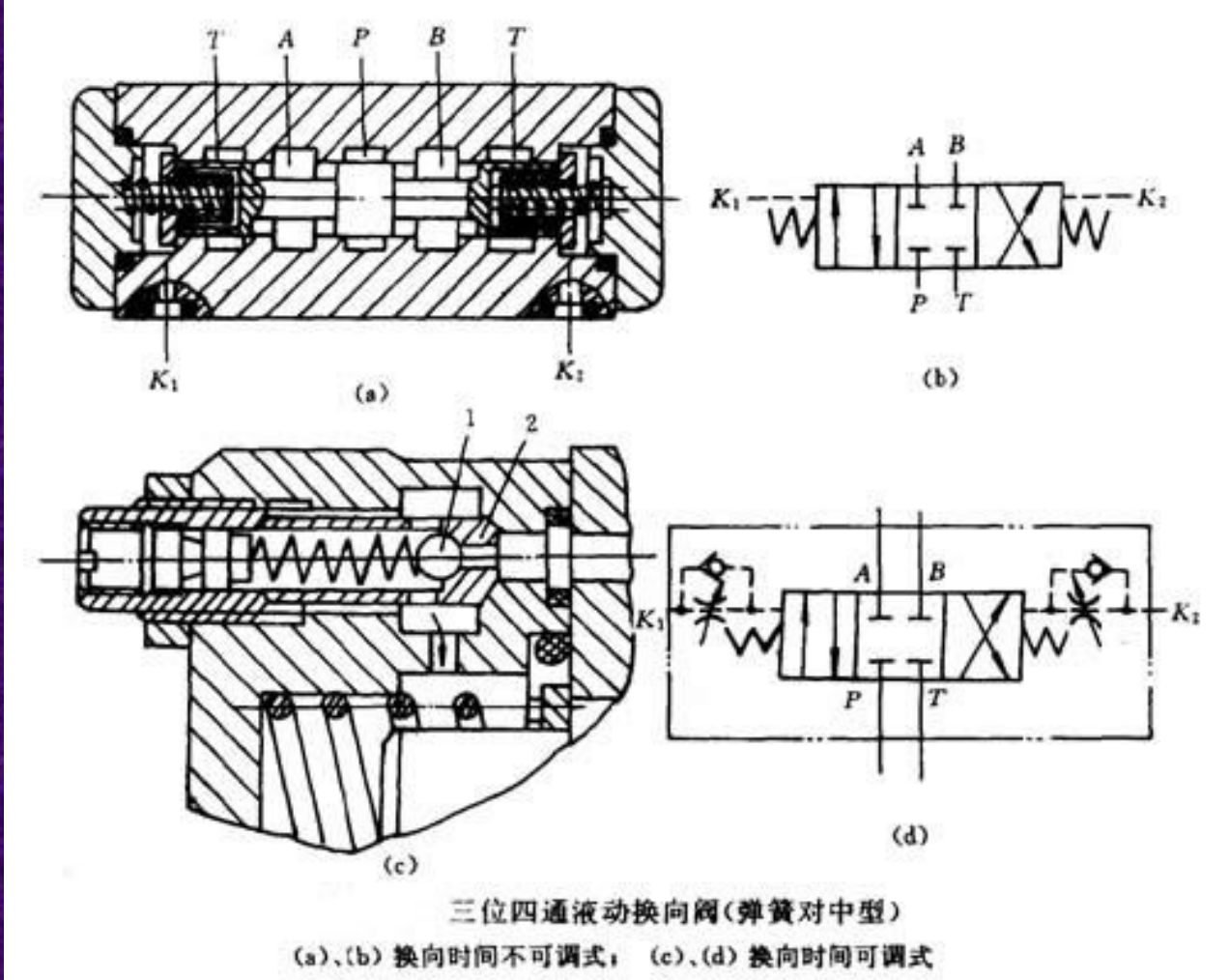
§4-2 方向控制阀



必须指出，由于电磁铁的吸力有限（ $\leq 120\text{N}$ ），因此电磁换向阀只适用于流量不太大的场合。当流量较大时，需采用液动或电液控制。

§4-2 方向控制阀

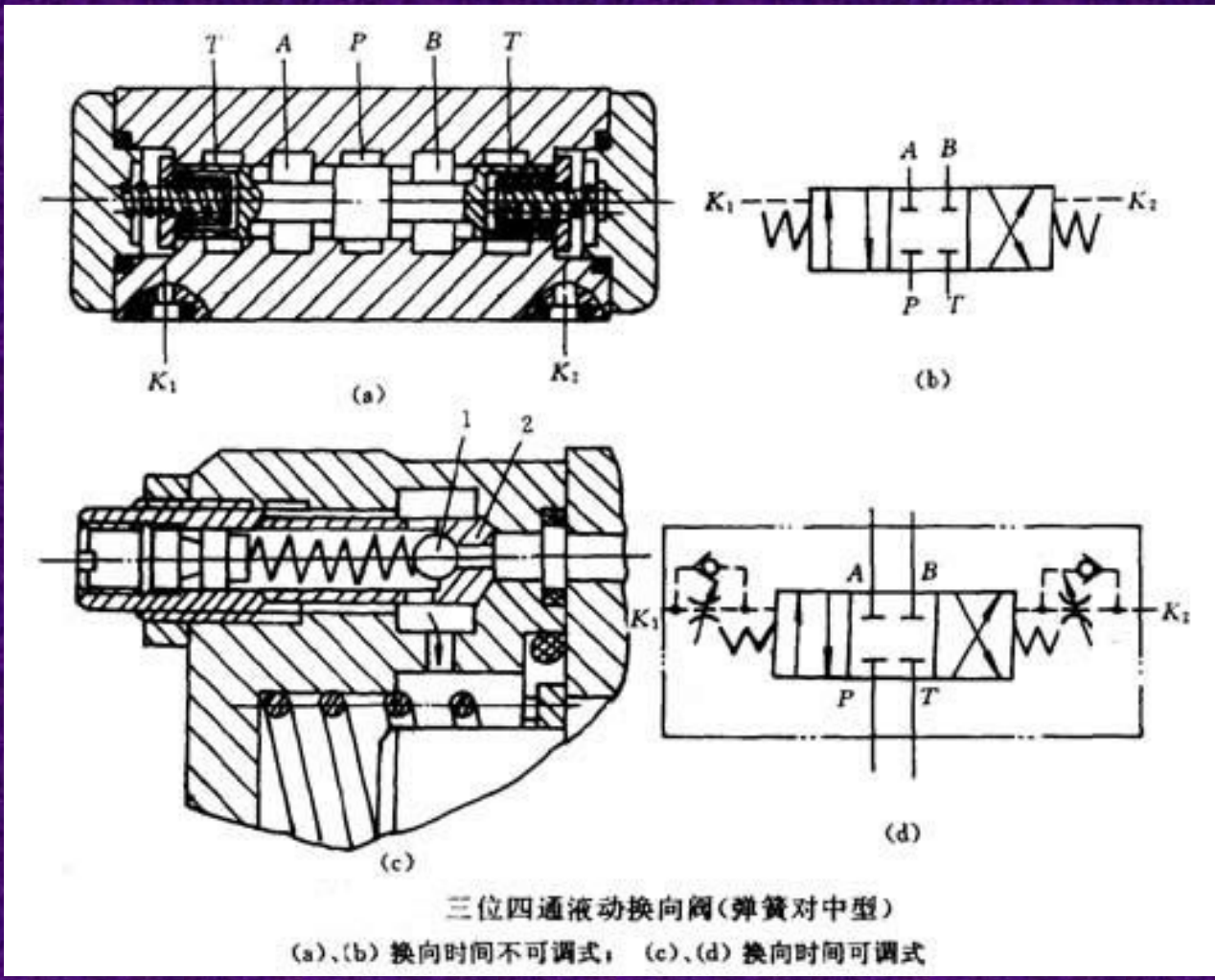
4) 液动换向阀



§4-2 方向控制阀

液动换向阀是利用控制油路的压力油来改变阀芯位置的换向阀。

按其换向时间的可调性，液动换向阀分为可调式和不可调式两种。



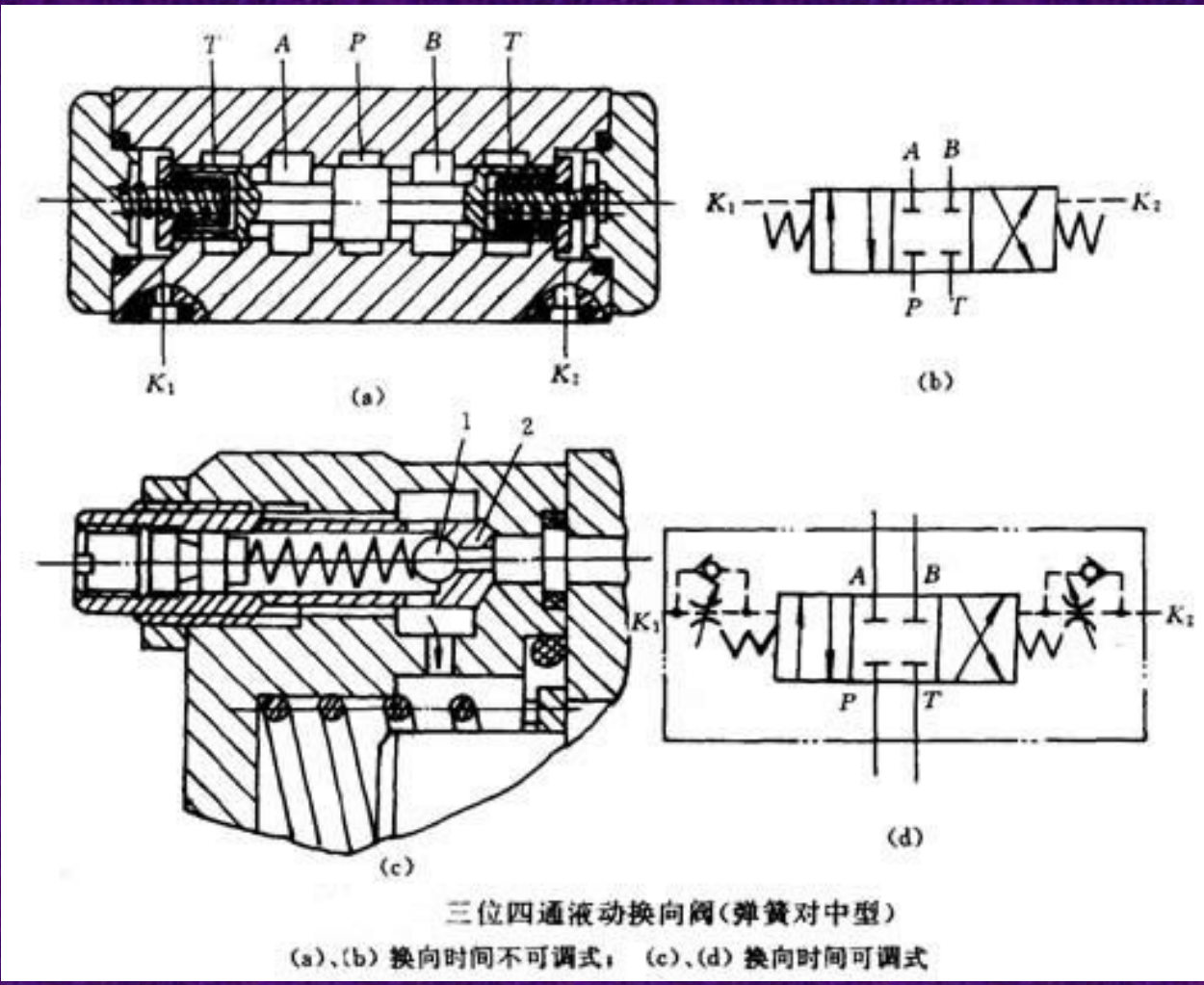
对三位阀而言，按阀芯的对中形式，分为弹簧对中型和液压对中型两种。

§4-2 方向控制阀

图 a、b 所示为不可调式三位四通液动换向阀（弹簧对中型），阀芯两端分别接通控制口 K_1 和 K_2 。

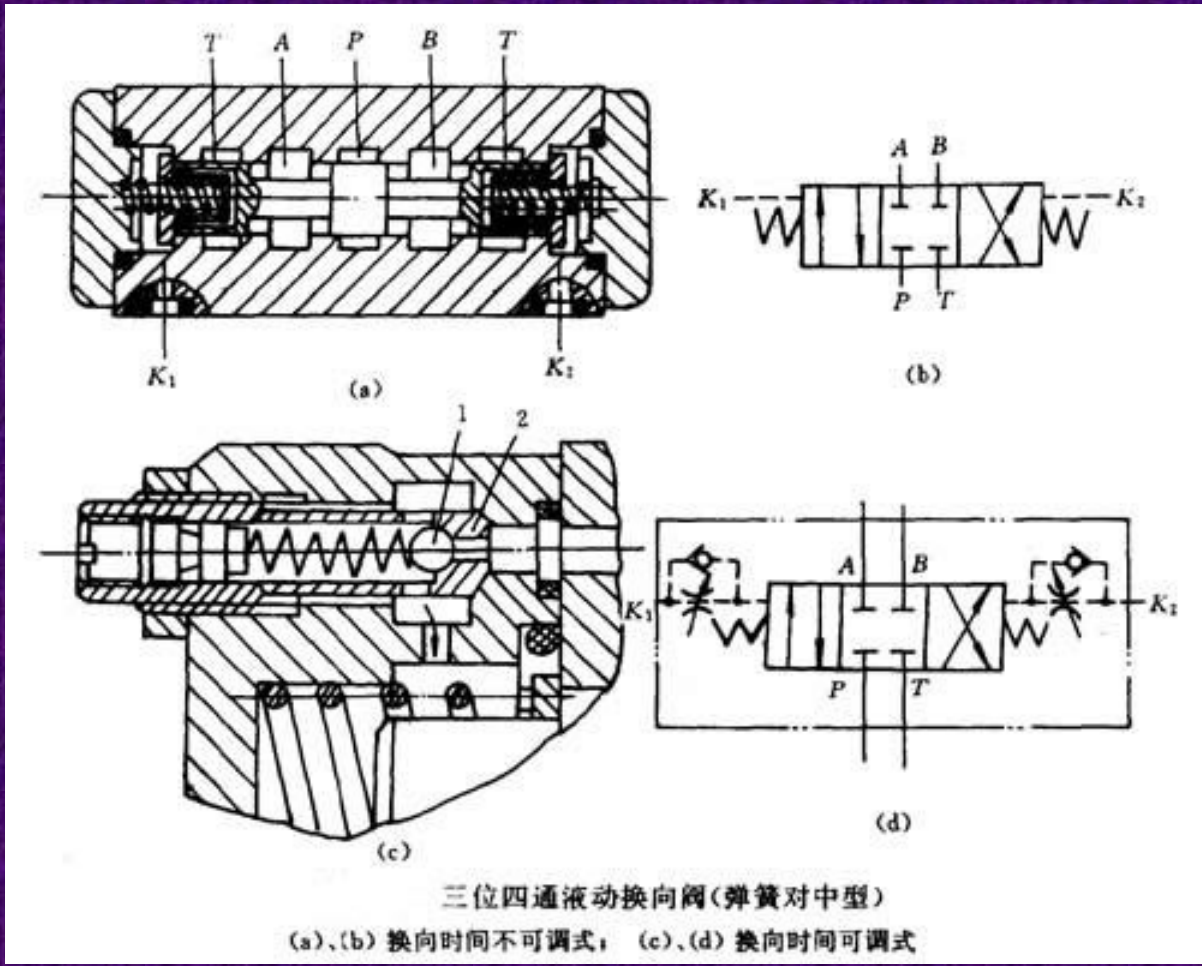
当 K_1 通压力油时，阀芯右移，P 与 A 通，B 与 T 通；

当 K_2 通压力油时，阀芯左移，P 与 B 通，A 与 T 通；当 K_1 和 K_2 都不通压力油时，阀芯在两端对中弹簧的作用下处于中位。



§4-2 方向控制阀

当对液压滑阀换向平稳性要求较高时，应采用可调式液动换向阀，即在滑阀两端、控制油路中加装阻尼调节器，如图 c 和 d 所示。

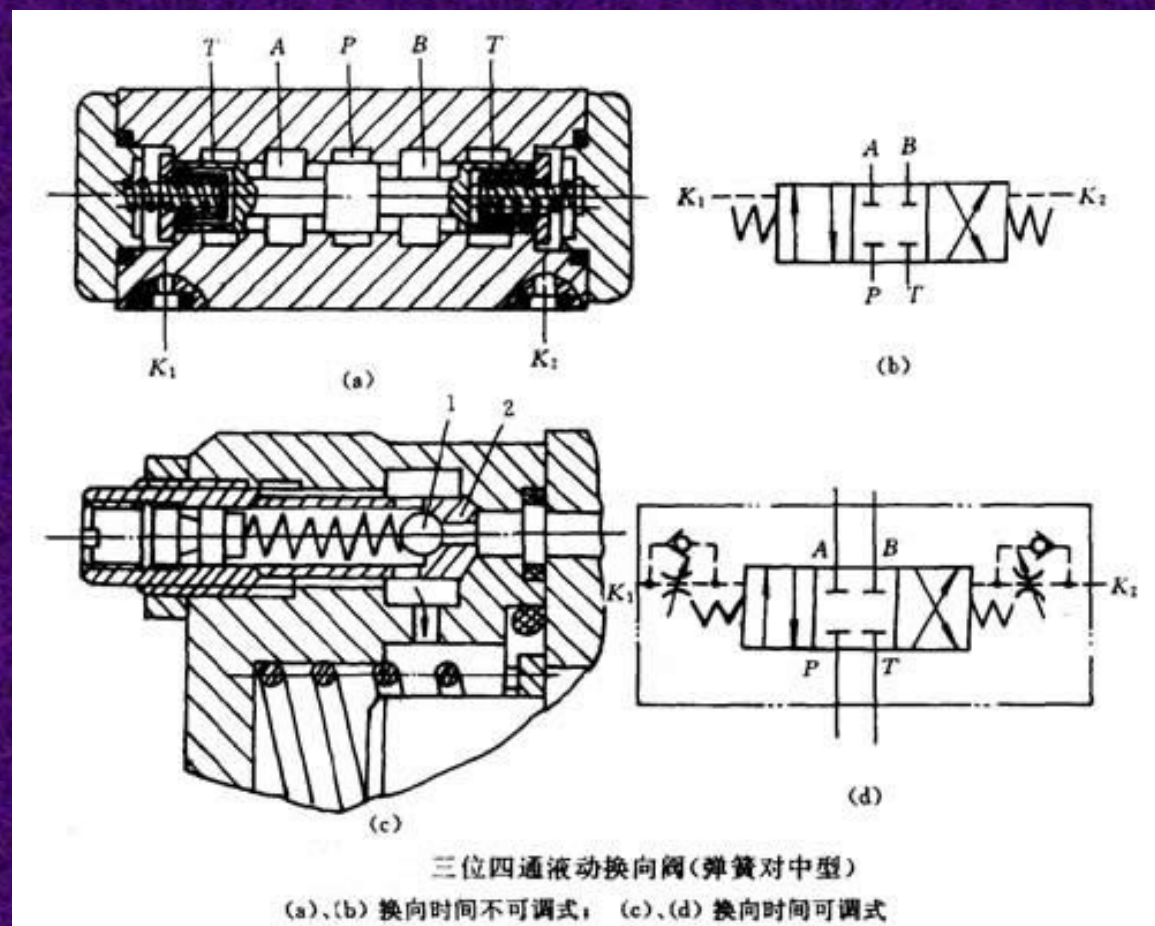


阻尼调节器由一个单向阀和一个节流阀并联而成，单向阀用来保证滑阀端面进油通畅，而节流阀用于滑阀端面回油的节流，调节节流阀开口的大小即可调整阀芯的动作时间。

§4-2 方向控制阀

弹簧对中型液
动换向阀的特点是
：

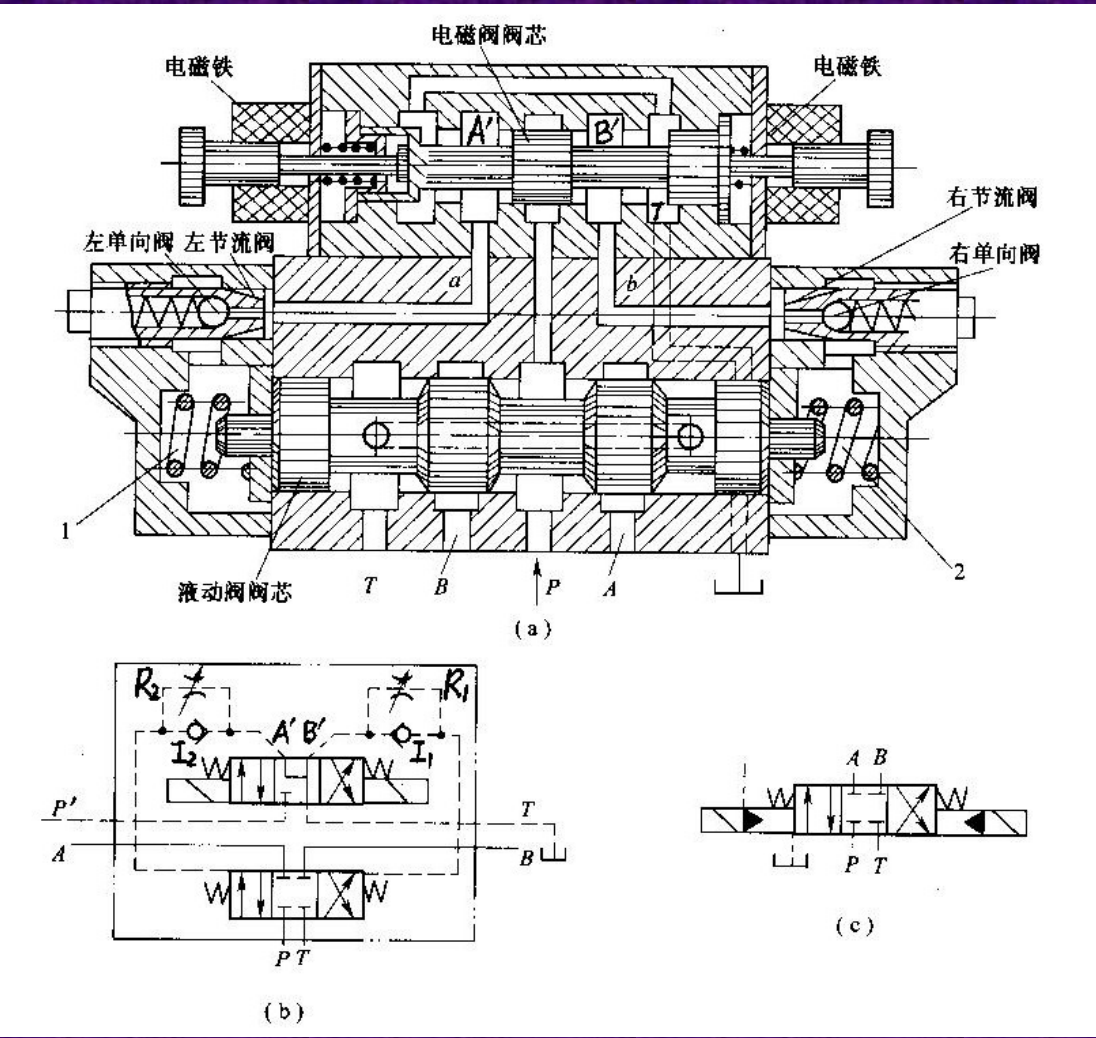
结构简单，轴向尺
寸较短，应用广泛
。



其缺点是：对中弹簧要有较大的力才能克服作用在阀芯上的各种阻力，由于弹簧力较大，所以控制压力较高。

5) 电液动换向阀

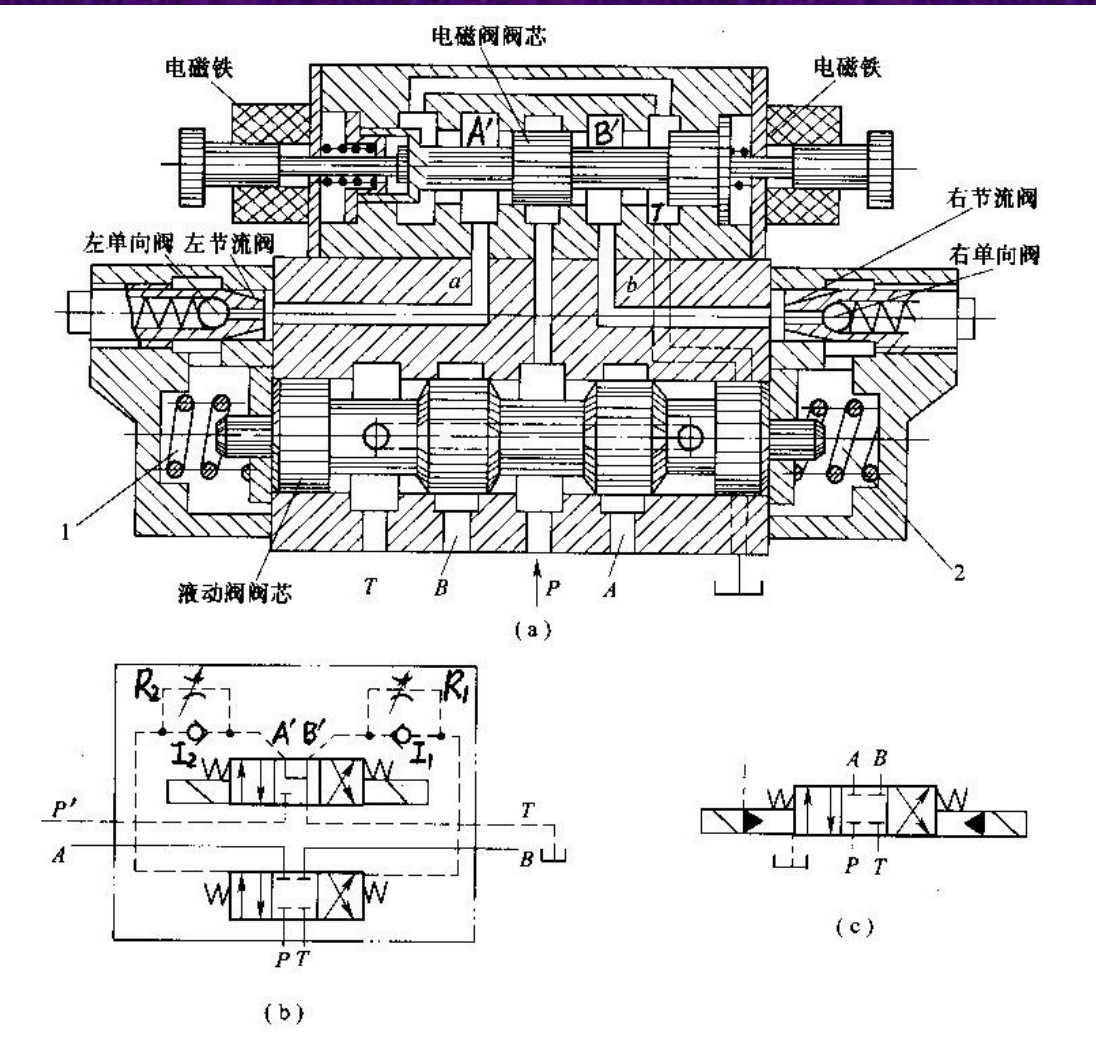
电液动换向阀由电磁换向阀和液动换向阀组合而成。其中液动换向阀实现主油路的换向，称为主阀；电磁换向阀改变液动换向阀的控制油路方向，称为先导阀。



§4-2 方向控制阀

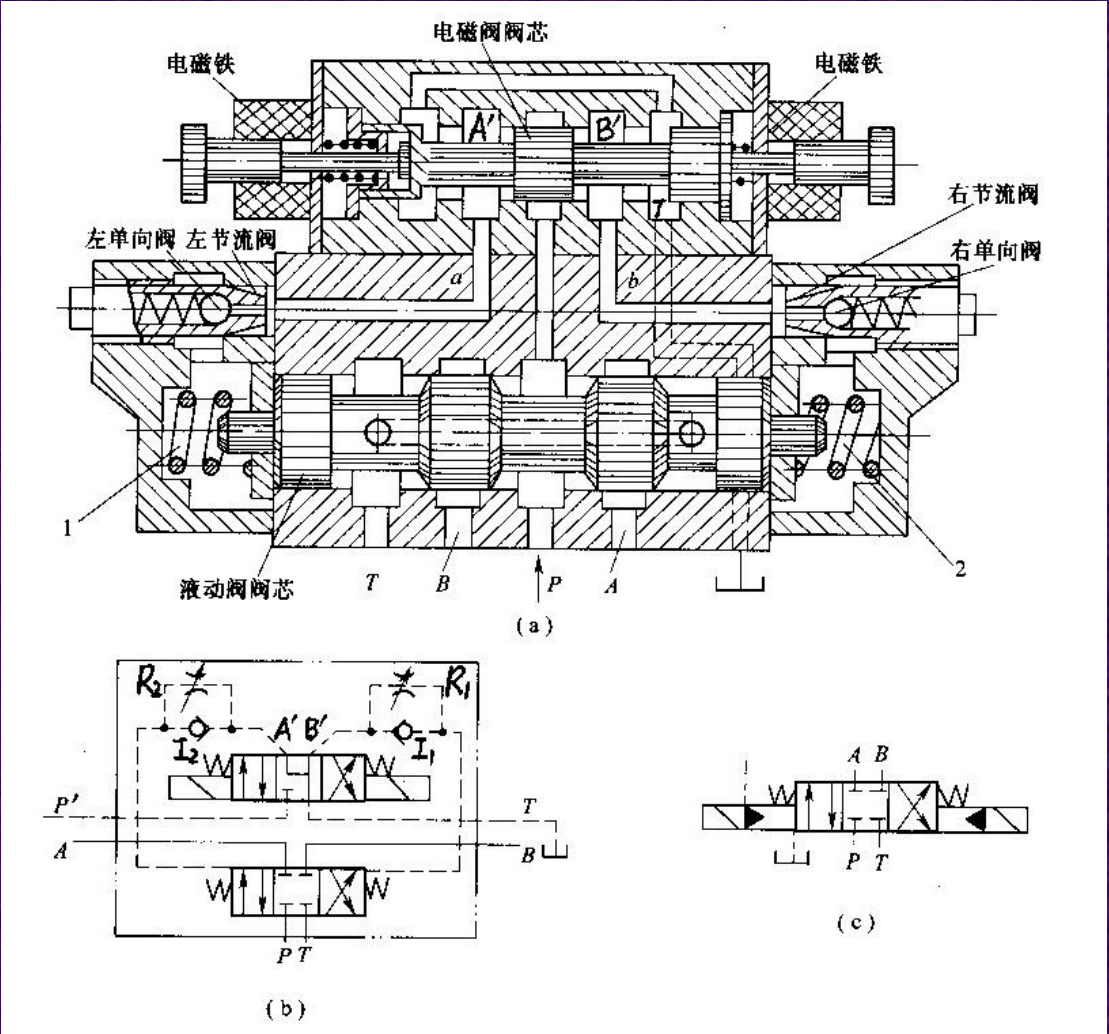
当电磁先导阀的电磁铁不得电时，三位四通电磁先导阀处于中位，液动主阀两端油室同时通回油箱，阀芯在两端对中弹簧的作用下也处于中位。

电磁先导阀右端电磁铁得电处于右位工作时，控制压力油 p' 将经过电磁先导阀右位至油口 B' ，然后经单向阀 I_1 进入液动主阀芯的右端



§4-2 方向控制阀

左端油室的油则经过
阻尼 R_2 电磁先导阀
 A' 回油箱，液动主阀
芯向左移，阀右位工
作，主油路的 P 与 B
通、 A 与 T 通。反
之，电磁先导阀左端
电磁铁得电，液动主
阀则在左位工作，主
油路 P 与 A 通、 B
与 T 通。

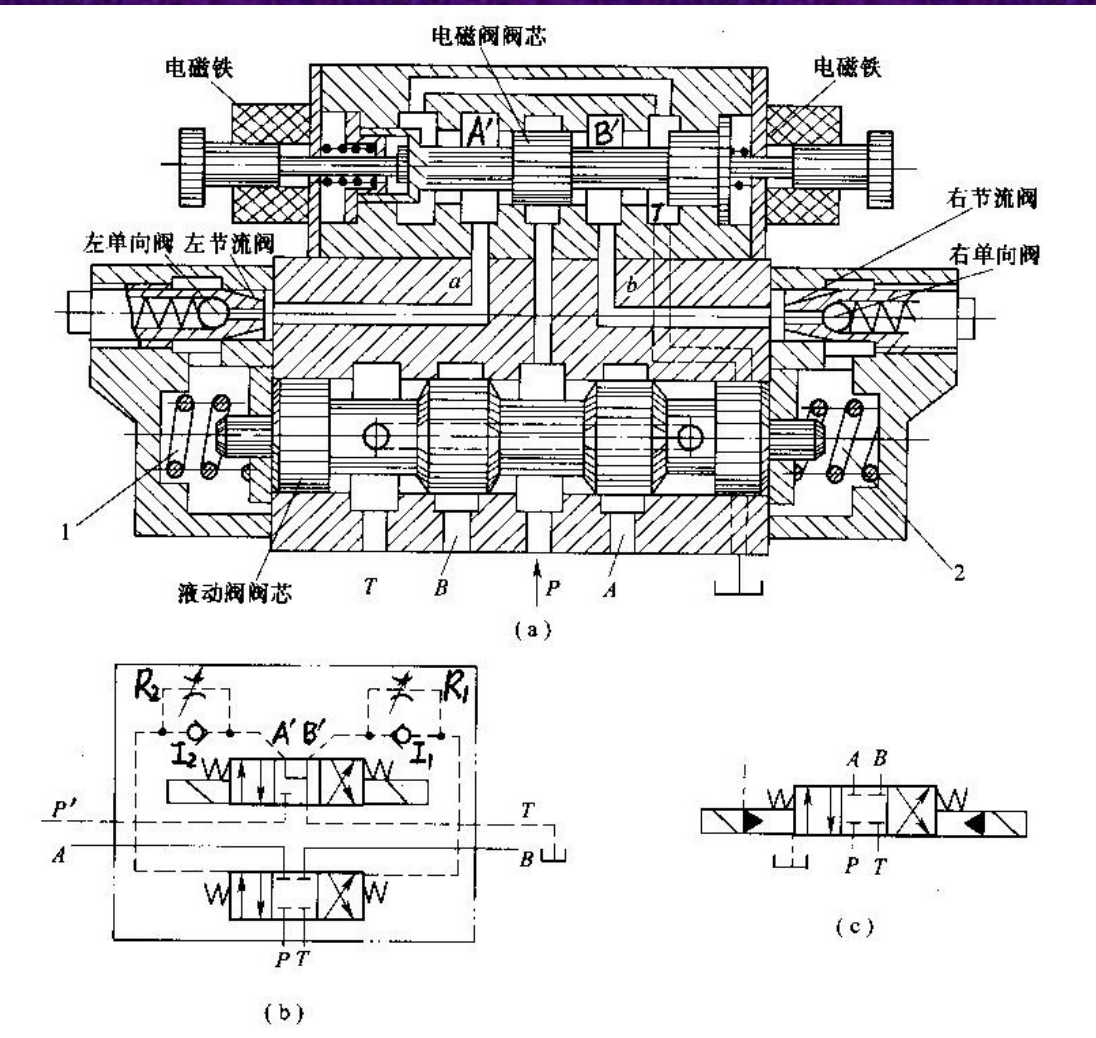


§4-2 方向控制阀

必须注意：

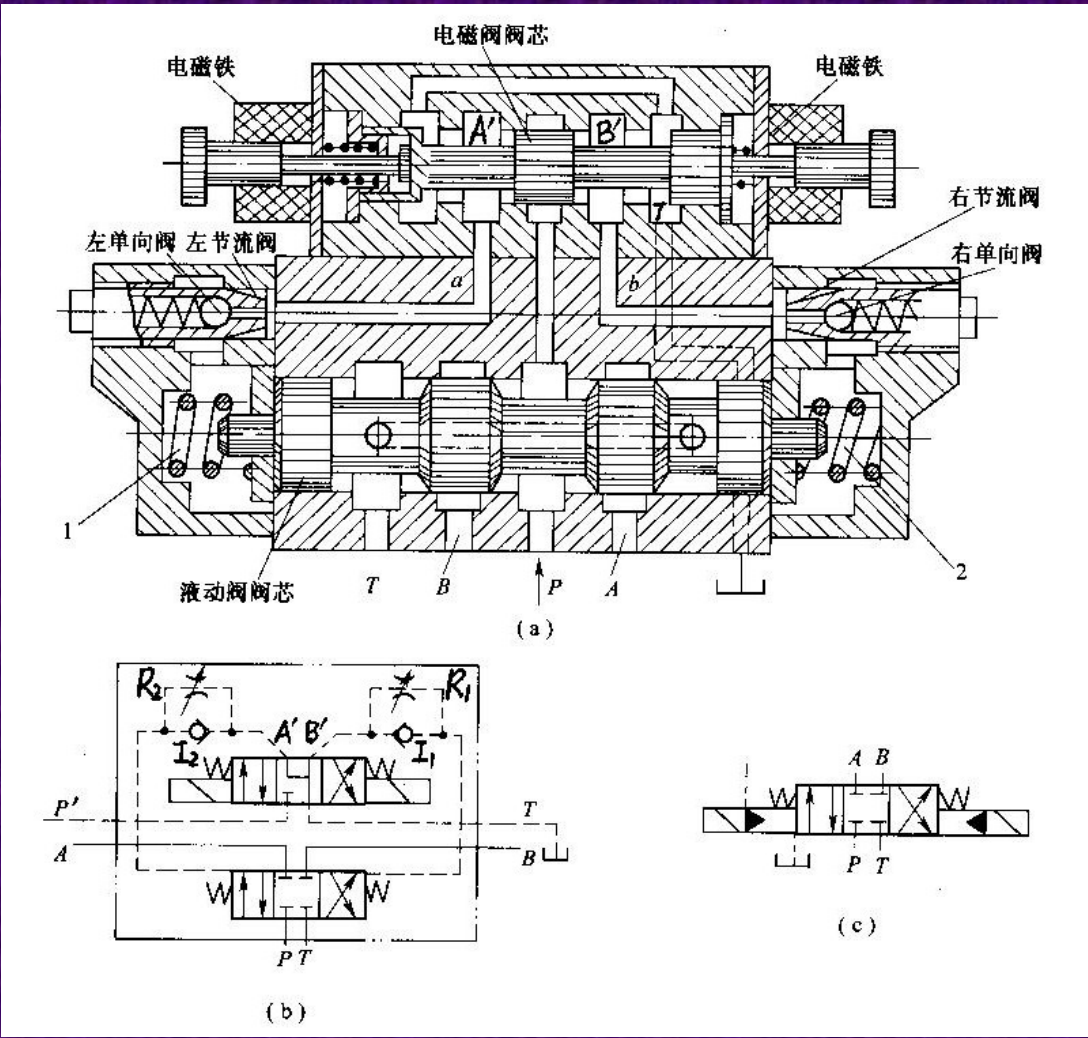
➤当液动滑阀为弹簧对中型时，电磁换向阀的中位必须是油口A'、B'、T'互通，以保证液动滑阀的左、右油室通回油箱，否则，液动滑阀无法回到中位。

➤控制压力油 p' 可以取自主油路的 P 口（内控），也可以另设独立油源（外控）。

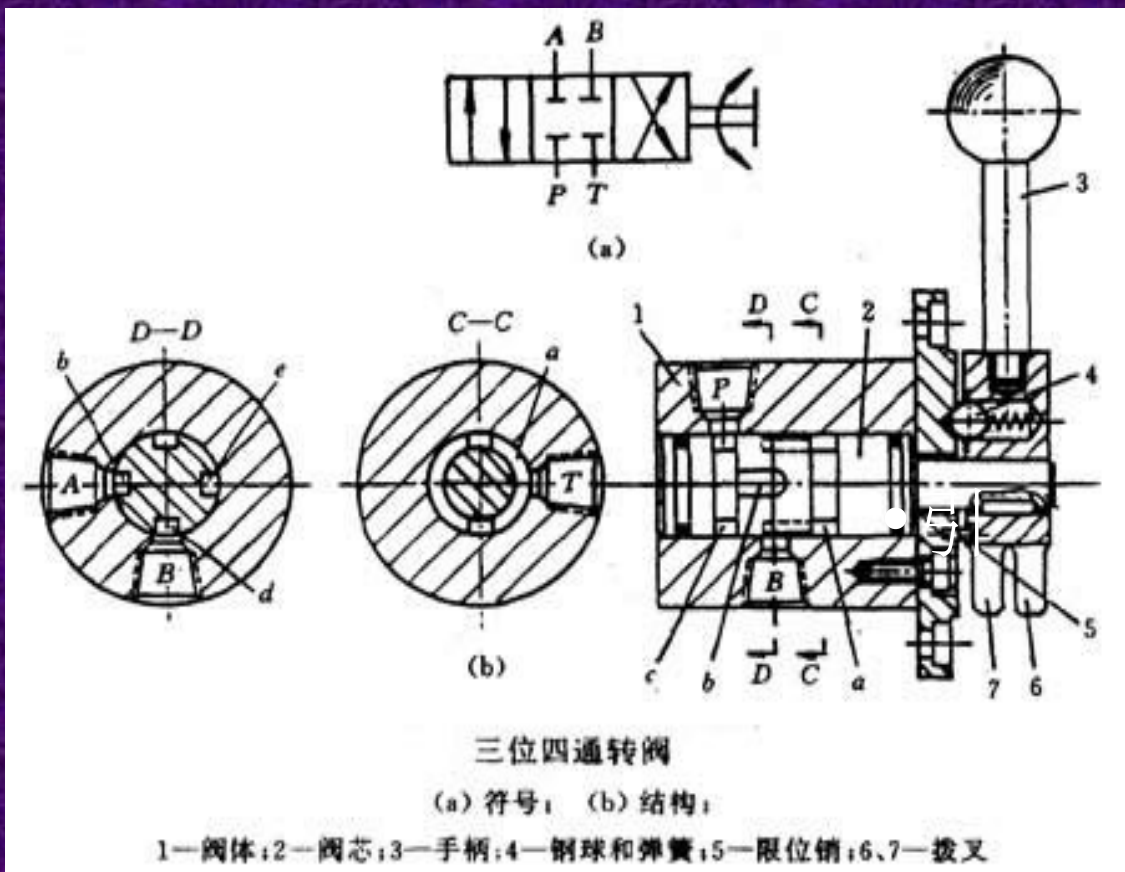


§4-2 方向控制阀

- 电磁换向阀的回油口 T' 可以单独引回油箱（外排），也可以在阀体内与主阀回油口 T 沟通，然后一起回油箱（内排）。
- 液动滑阀两端控制油路上的节流阀 R ，用来控制进入主阀两端的流量，从而调节主阀的换向速度。



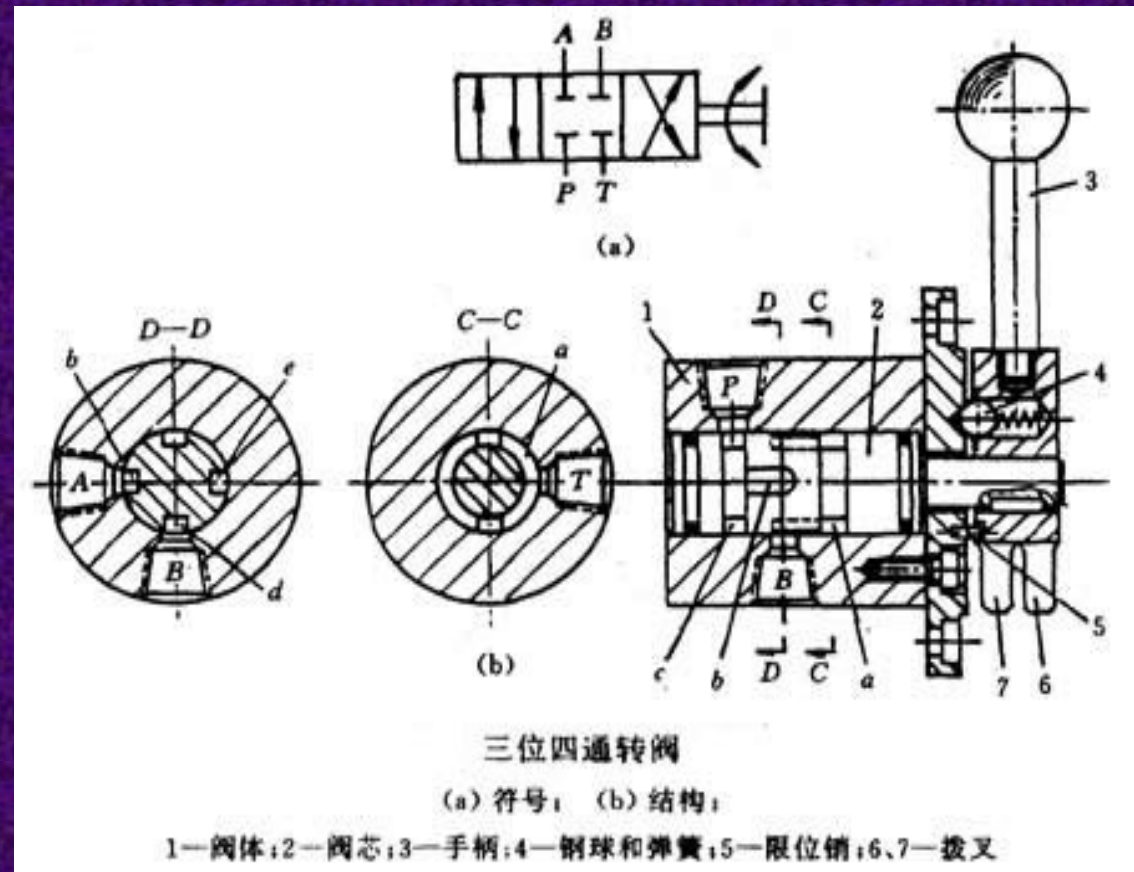
3、转阀式换向阀



用手动或机动使阀芯转位而改变油流方向的换向阀。
图示为三位四通阀。

进油口 P 与阀芯上左环形槽 c 及向右开口的轴向槽 b 相通，回油口 T 与阀芯上右环形槽 a 及向左开口的轴向槽 e、d 相通。

§4-2 方向控制阀



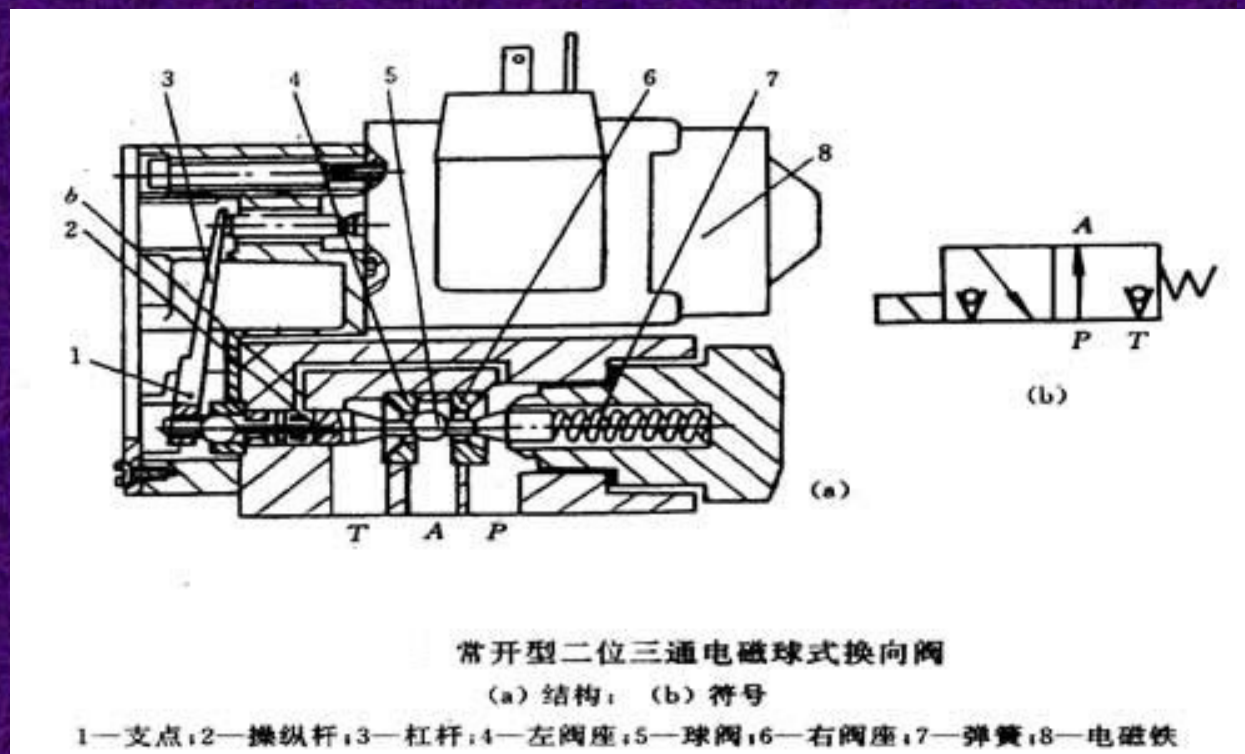
图示位置, P 经 c、b 与 A 相通; B 经 e、a 与 T 相通; 当手柄带阀芯逆时针转 90° 时, P 经 c、b 与 B 相通, A 经 d、a

当手柄位于上两个位置的中间时, P、A、B、T 各油口均不通。

§4-2 方向控制阀

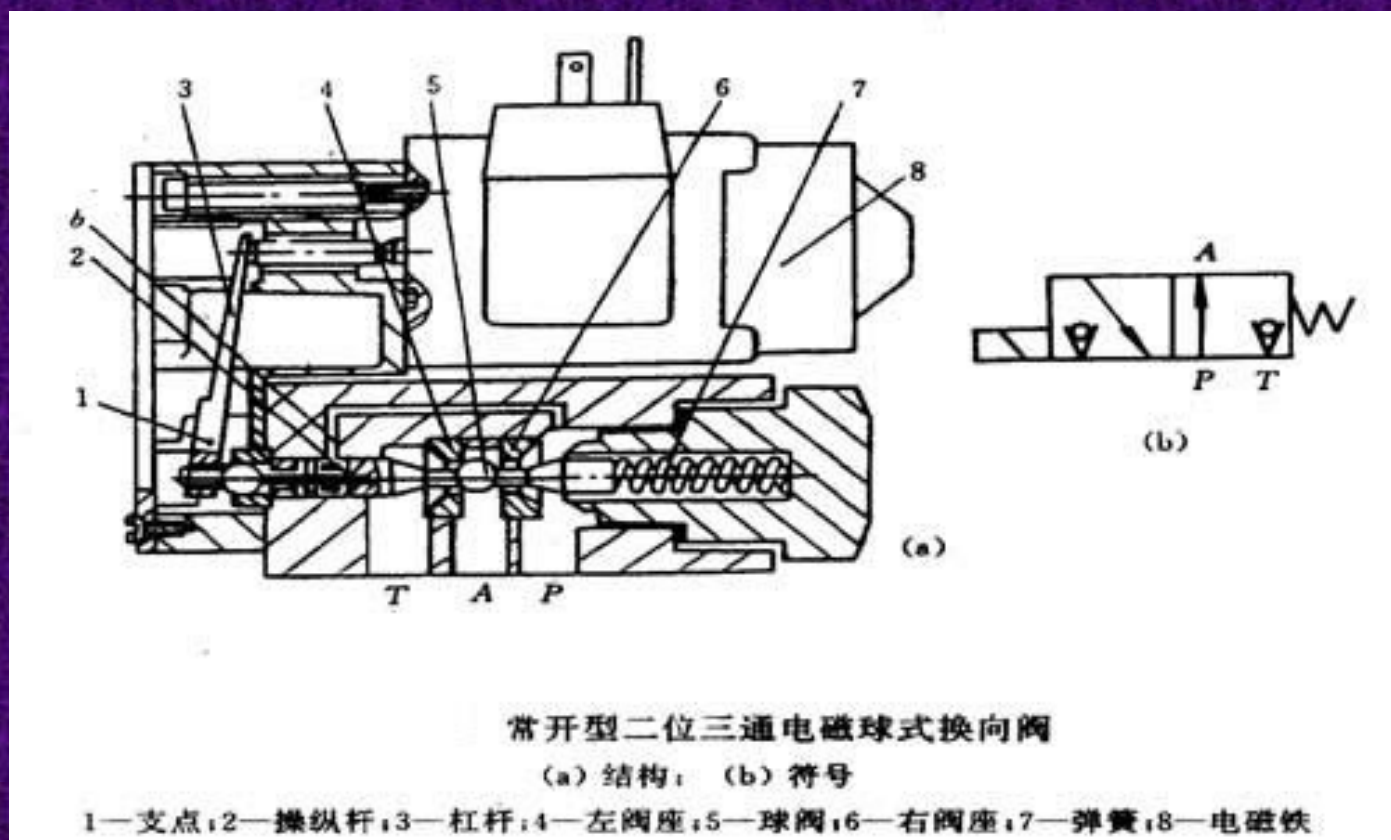
4 、其他机构形式的换向阀

(1) 、电磁球式换向阀



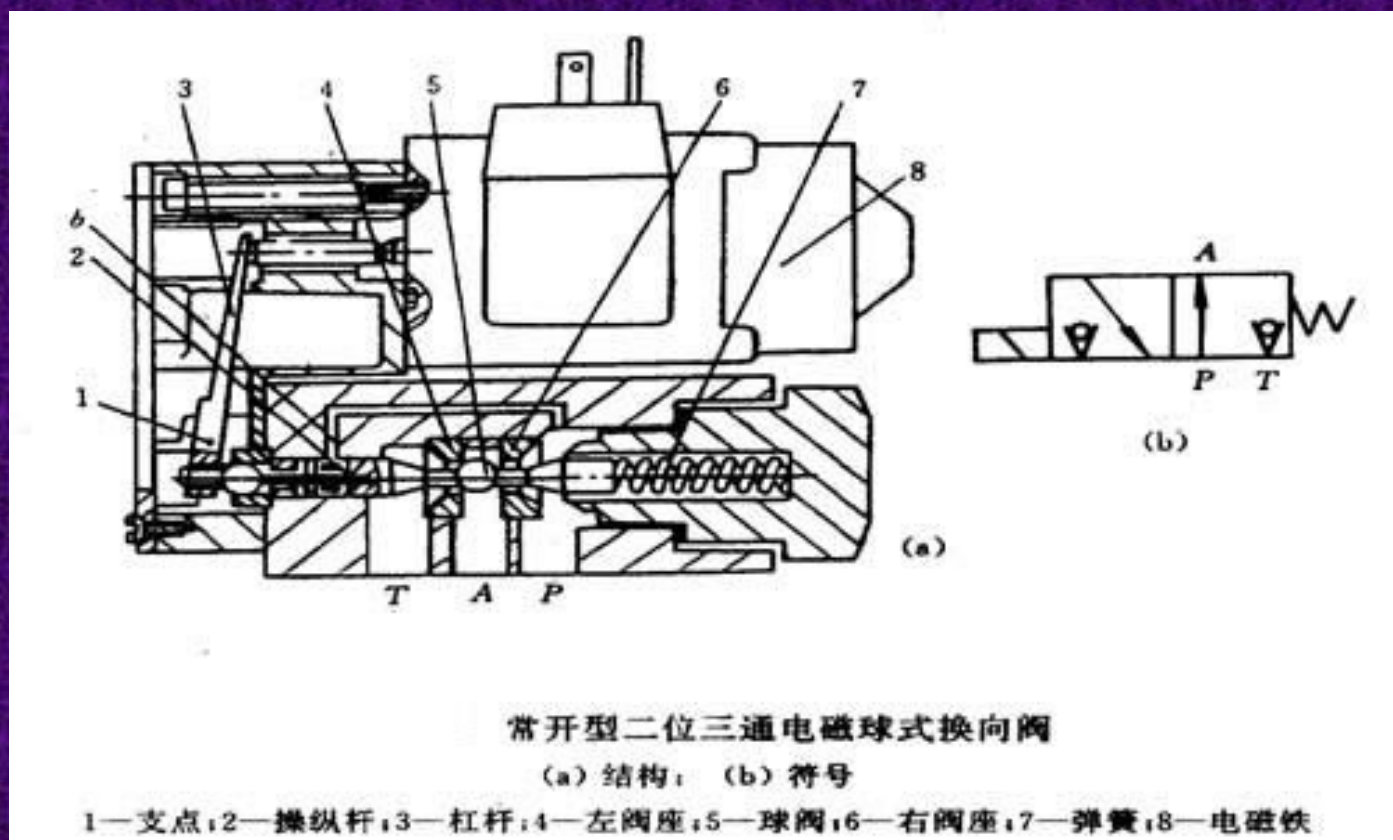
上图 **a** 为常开型二位三通电磁球式换向阀的结构图。它主要由左右阀座 4 和 6、球阀 5、弹簧 7、操纵杆 2 和杠杆 3 等零件组成。

§4-2 方向控制阀



图示为电磁铁断电状态，即常态位。P 口的压力油一方面作用在球阀 5 的右侧，另一方面经通道 b 进入操纵杆 2 的空腔而作用在球阀 5 的左侧，以保证球阀 5 两侧承受的液压力平衡。

§4-2 方向控制阀



球阀 5 在弹簧 7 的作用下压在左阀座 4 上, P 与 A 相通, A 与 T 切断。当电磁铁 8 通电时, 衔铁推动杠杆 3, 以 1 为支点推动操纵杆 2, 克服弹簧力, 使球阀 5 压在右阀座 6 上, 实现换向, P 与 A 切断, A 与 T 通。

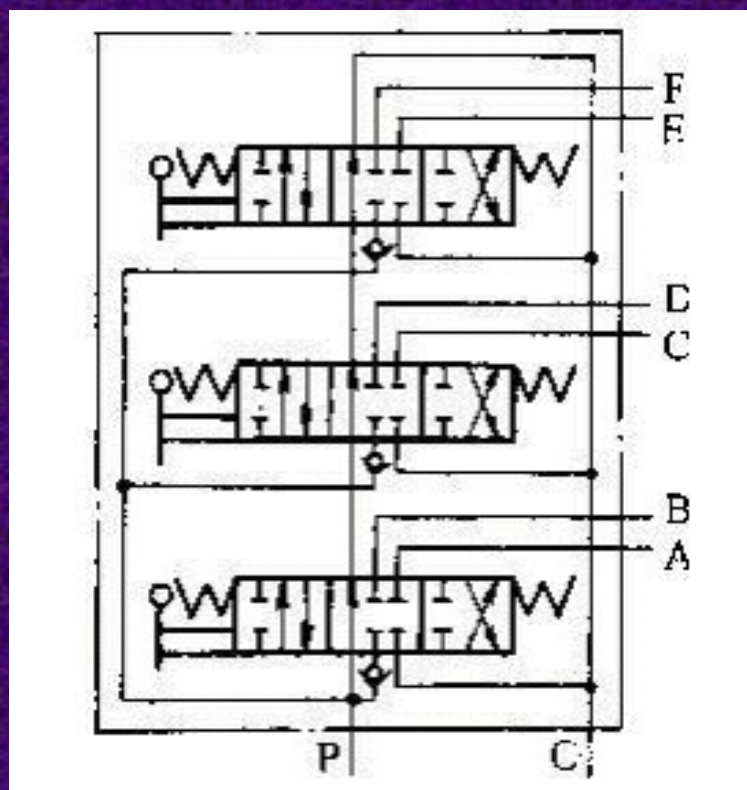
球式换向阀与滑阀式换向阀相比，具有以下**优点**：

- 1) 不会产生液压卡紧现象，动作可靠性高；
 - 2) 密封性好；
 - 3) 对油液污染不敏感；
 - 4) 切换时间短，可达 $0.5 \sim 10\text{ms}$ ；
 - 5) 使用介质粘度范围大，运动粘度为 $(1 \sim 380 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s})$ ，介质可以是水、乳化液和矿物油；
 - 6) 工作压力可高达 63Mpa ；
 - 7) 球阀芯可直接从轴承厂获得，精度很高，价格便宜。
- 球式换向阀有手动、机动、电磁、液动和电液动等多种形式。

(2)、多路换向阀

多路换向阀由两个以上的手动换向阀组合成一起的阀组，用以操纵多个执行元件的运动。

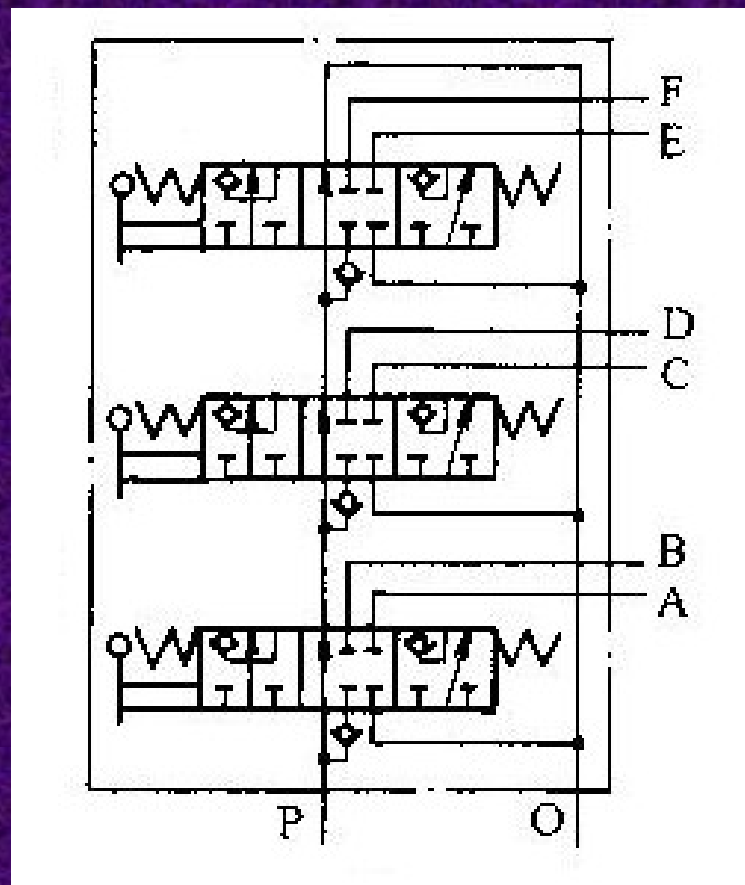
1) 并联式



从进油口来的压力油可直接进入各联换向阀的进油口，各联的回油口直接汇集到多路换向阀的总回油口。

液压泵同时向多个换向阀所控制的执行元件供油。每联换向阀可以单独操纵，也可以几个换向阀同时操纵。

§4-2 方向控制阀

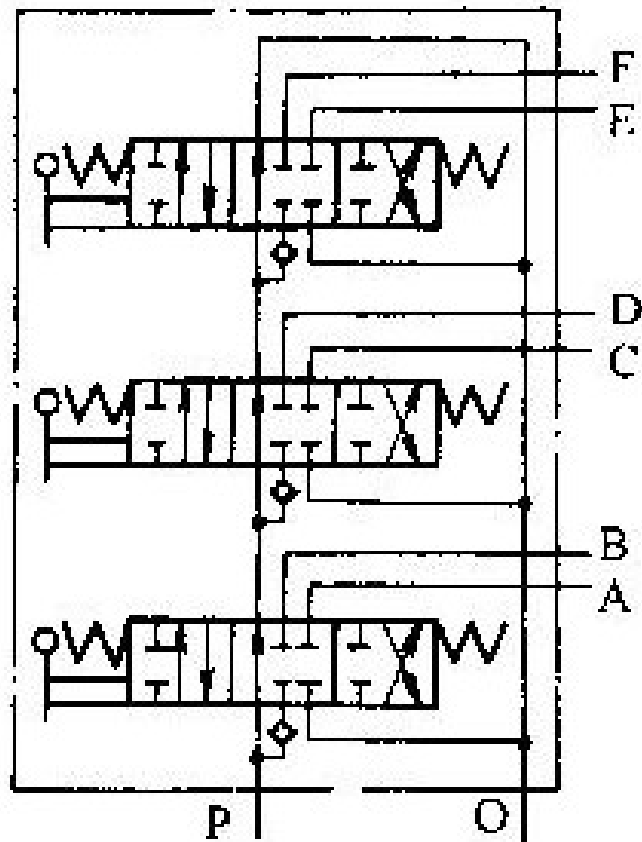


2) 串联式

后一联换向阀的进油口和前一联换向阀的回油口相连，可实现两个以上执行元件同时动作。各个工作机构的工作压力是叠加的，即液压泵的出口压力是各个工作机构工作压力的总和。

3) 串并联式

各联换向阀的进油口都与前一联换向阀的中位通道相连，各联换向阀的回油口则直接与总回油口相连，操纵前一联换向阀，后一联换向阀不能工作，能保证前一联换向阀的优先动作。



各联多路换向阀均处于中位时，可实现液压泵卸荷。每一联的进油单向阀是为阻止在换向过程中因执行元件中的压力油可能产生倒流而设置的。