



液压传动及控制I

— 典型液压系统

浙江大学
流体动力与机电系统国家重点实验室
2022. 12



□ 典型液压系统

- 组合机床动力滑台液压系统
- 注塑机电液比例控制系统
- 汽车起重机液压系统
- 挖掘机液压系统
- 飞机电静液作动器液压系统



组合机床动力滑台液压系统

- 动力滑台是组合机床上实现进给运动的一种通用部件。
- 配上动力头和主轴箱后可以对工件完成各种孔加工、端面加工等工序。
- 液压动力滑台用液压缸驱动。

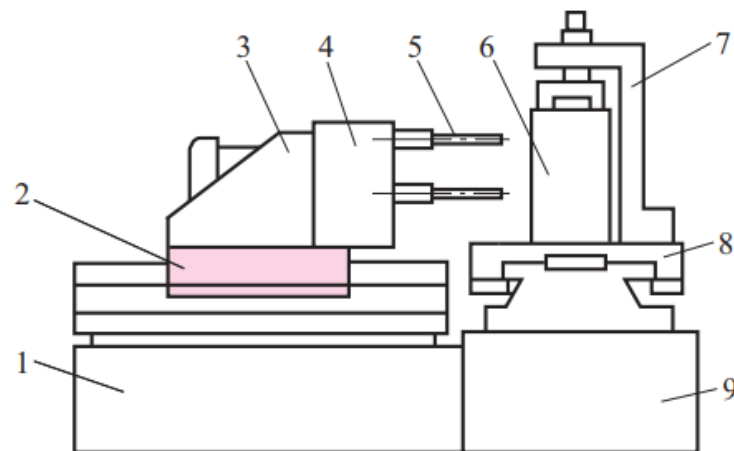
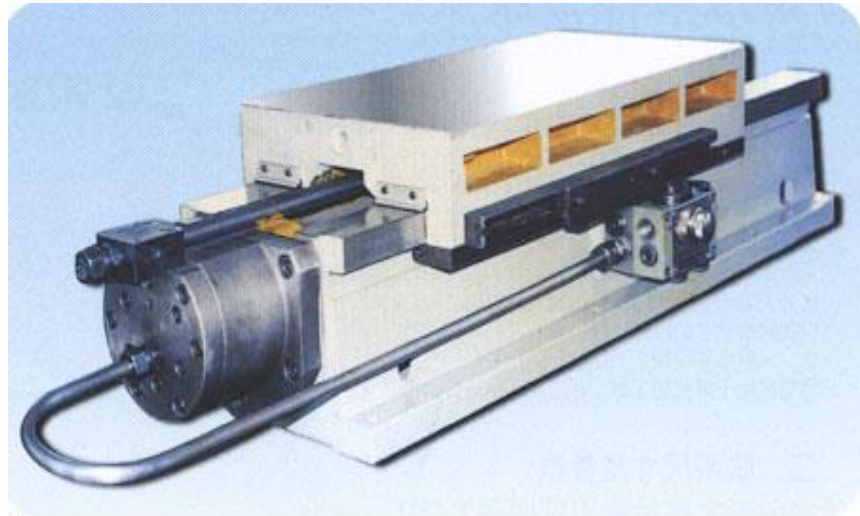
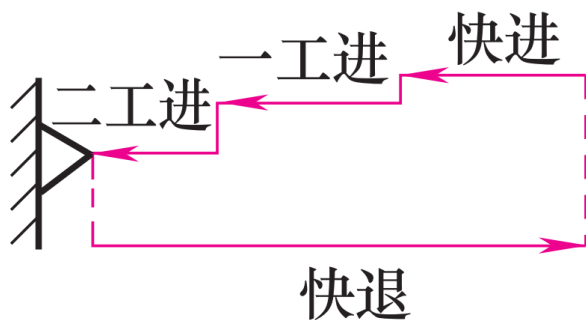


图 7-1 组合机床

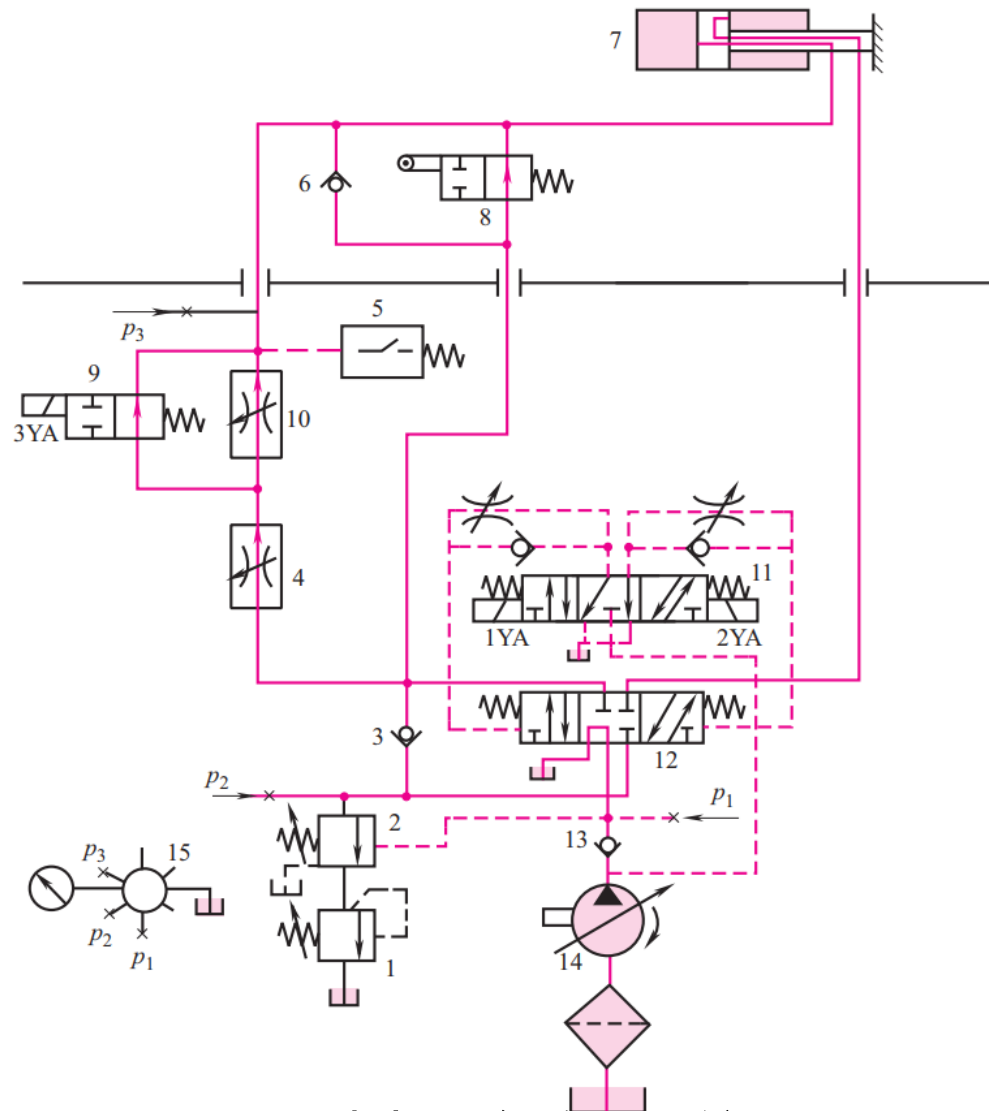
- 1—床身 2—动力滑台 3—动力头
4—主轴箱 5—刀具 6—工件
7—夹具 8—工作台 9—底座

组合机床动力滑台液压系统

- “快进→工进→停留→快退→停止” 工作循环



- 采用“限压式变量叶片泵-调速阀-背压阀”式调速回路。



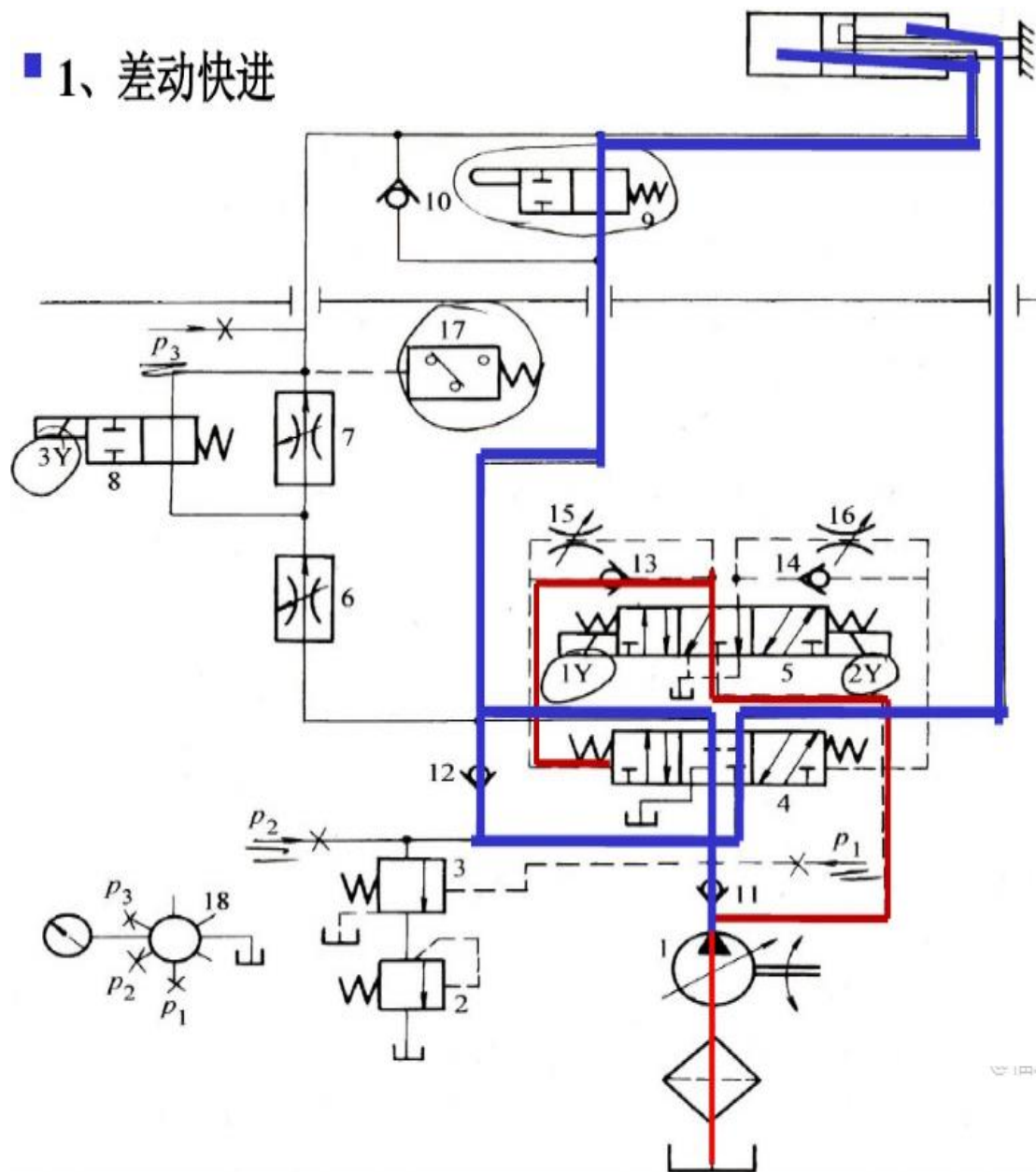
动力滑台液压系统图

组合机床动力滑台液压系统

- “快进→工进→停留→快退→停止”工作循环

➤ **快速前进**：电磁铁 1YA 通电，换向阀 12 左位接入，顺序阀 2 关闭，液压缸 7 差动连接，变量泵 14 输出最大流量。

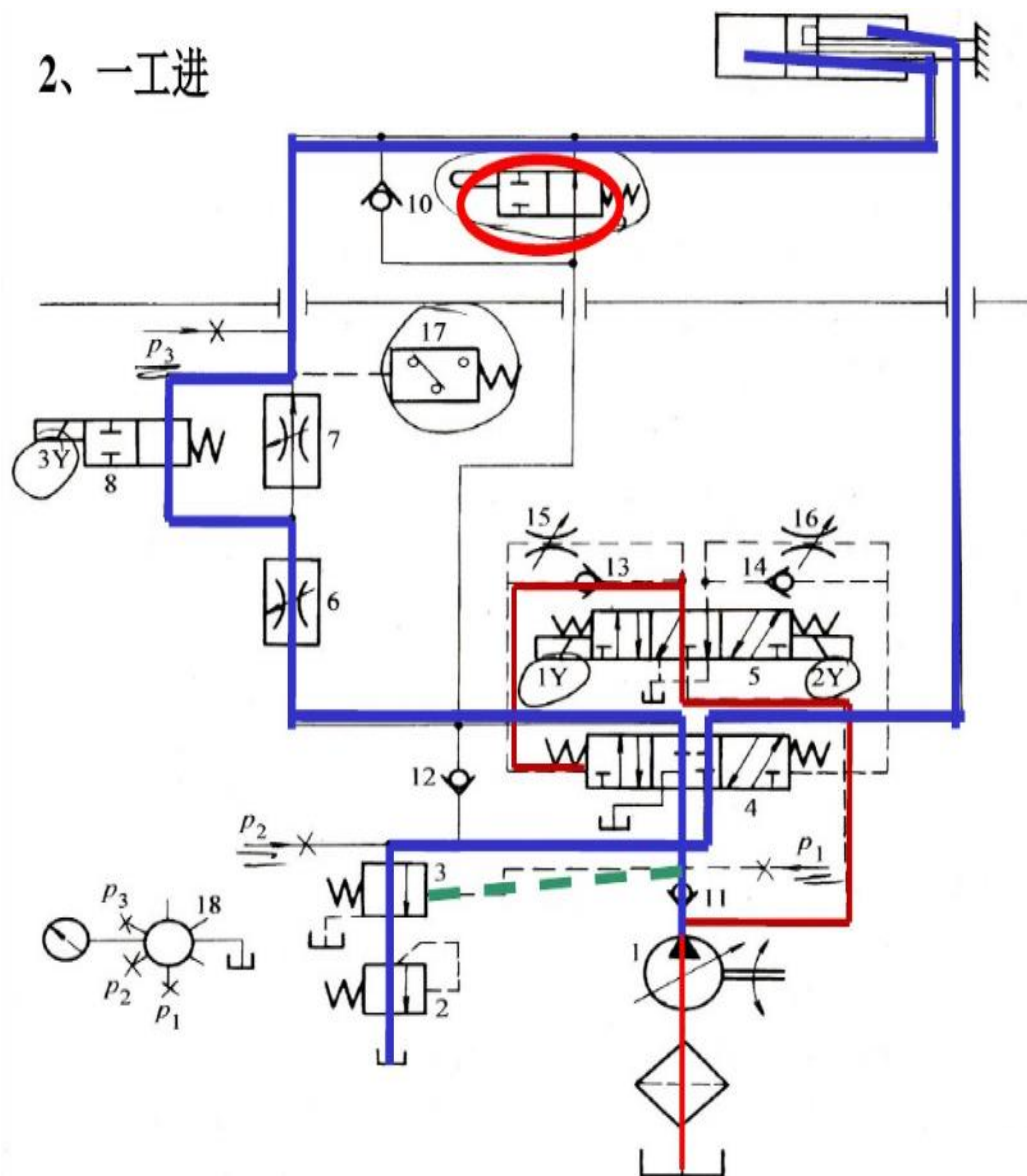
1、差动快进



组合机床动力滑台液压系统

- **一次工作进给：** 挡块压下行程阀 8，系统压力 p_1 升高，顺序阀 2 打开，右腔油液回油箱；调速阀 4 调速，变量泵 14 流量与调速阀 4 相适应。

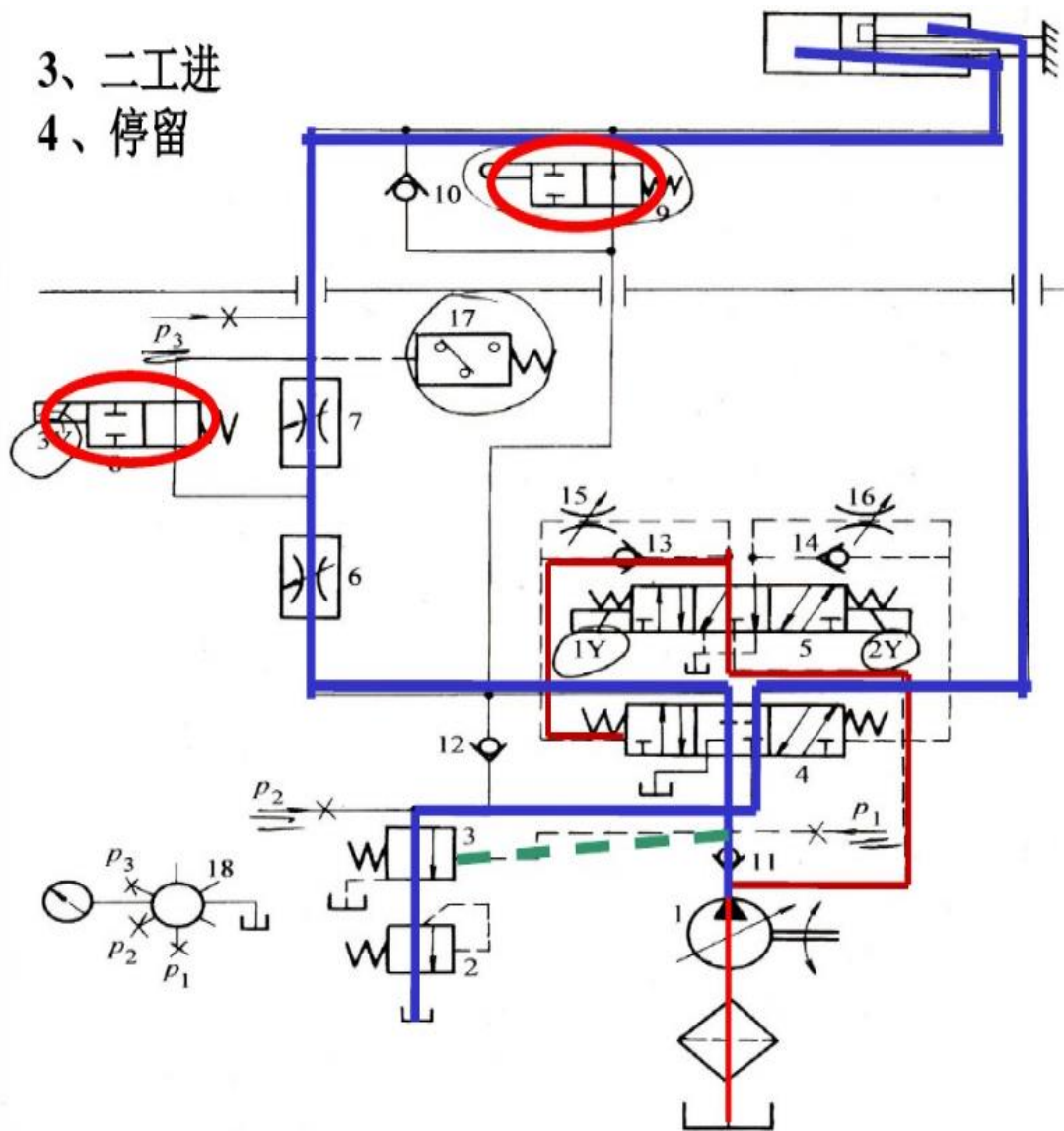
2、一工进



动力滑台液压系统图

组合机床动力滑台液压系统

- 二次工作进给：**一次工作进给结束，挡块压下行程开关，电磁铁 3YA 通电，顺序阀 2 仍打开，由调速阀 10 调速，变量泵 14 输出流量与调速阀 10 的开口相适应
- 停留：**滑台碰上固定挡块不再前进，系统压力进一步升高、压力继电器 5 经时间继电器（未示出）按预定停留时间发出信号后终止。

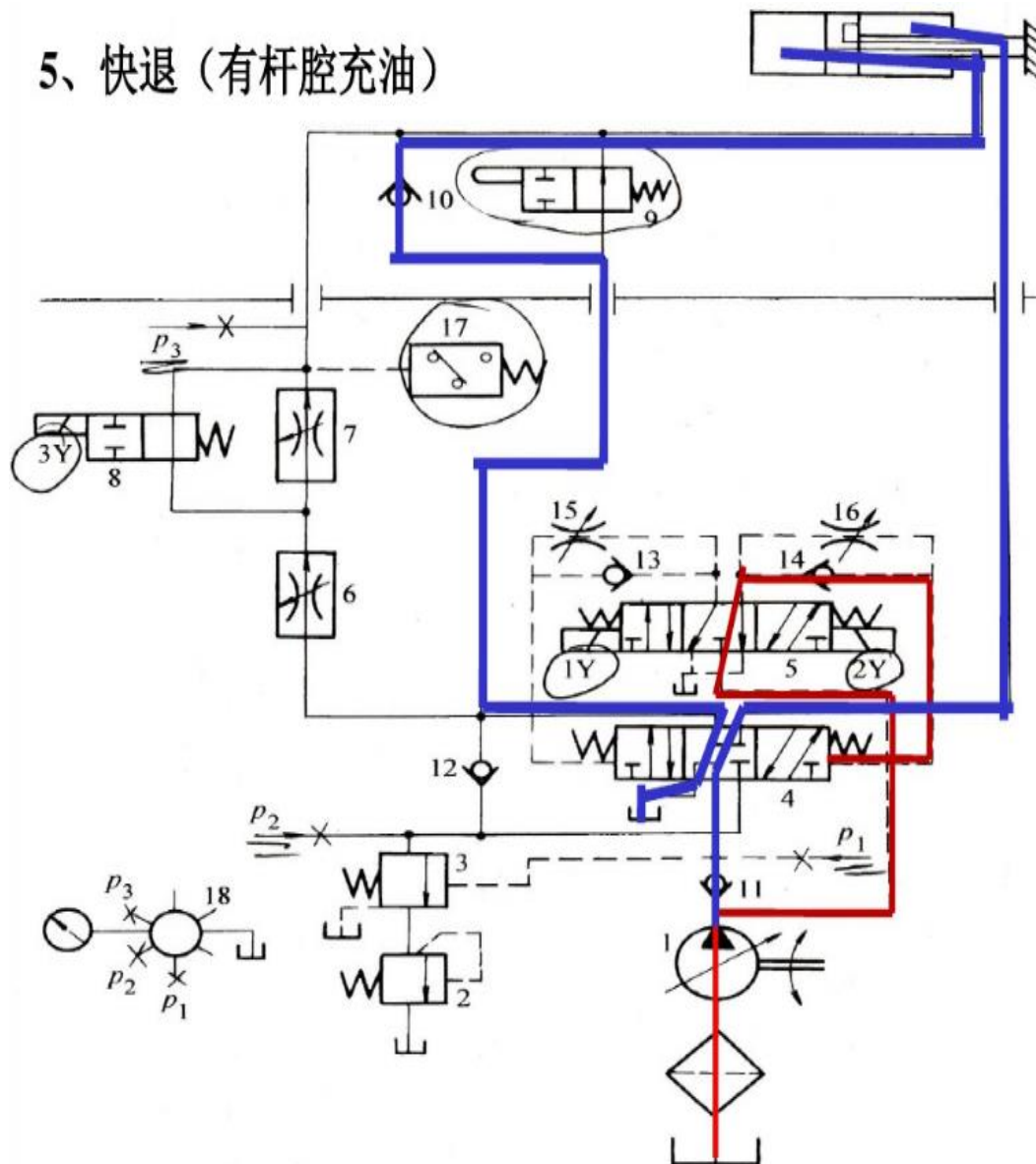


动力滑台液压系统图

组合机床动力滑台液压系统

➤ **快退**：时间继电器发出信号，电磁铁 1YA 断电、2YA 通电，系统压力下降，变量泵 14 流量增大。

5、快退（有杆腔充油）

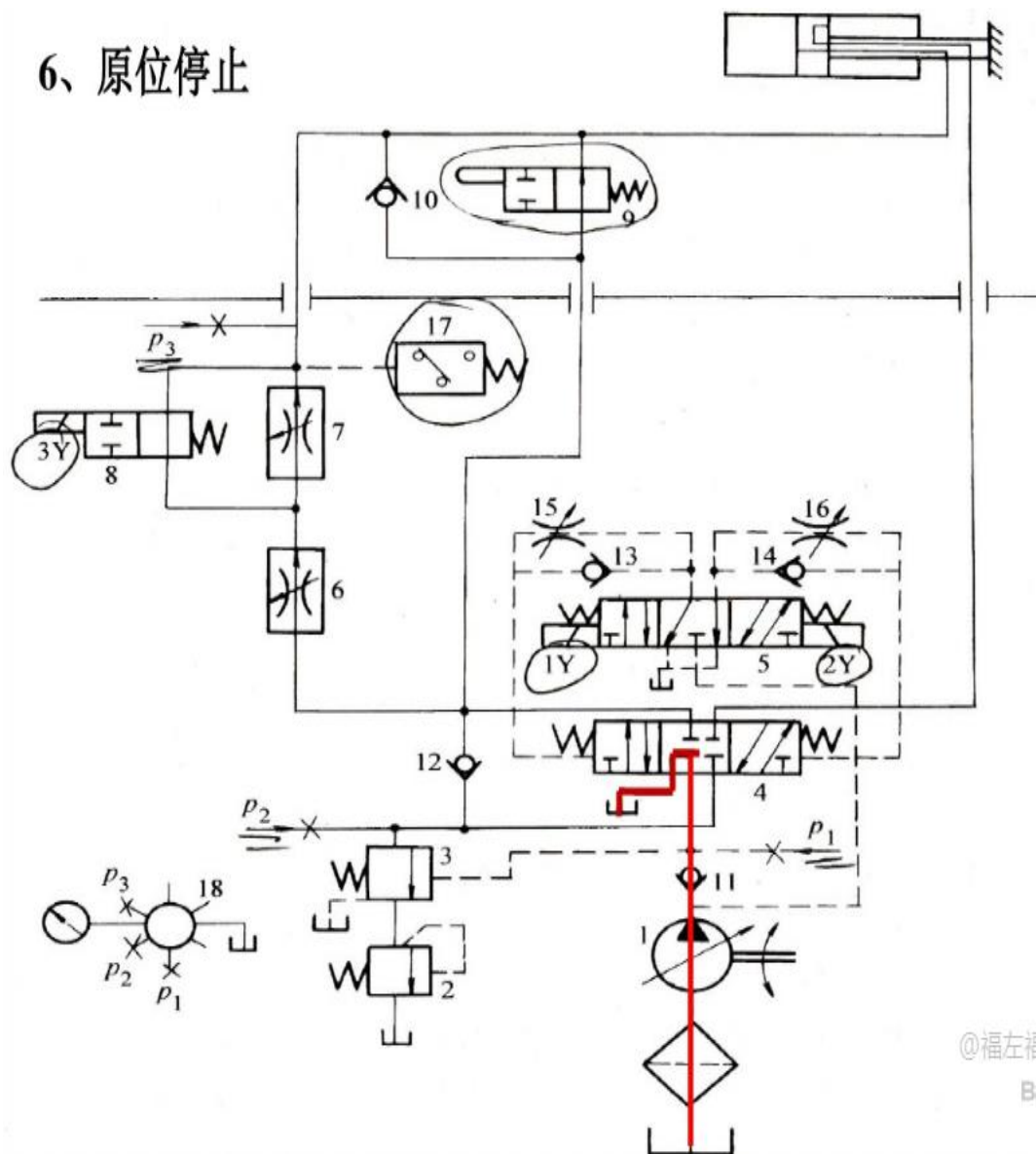


动力滑台液压系统图

组合机床动力滑台液压系统

- 停止：**滑台回到原位，挡块压下终点开关，电磁铁 2YA 和 3YA 都断电，换向阀 12 中位，液压缸 7 两腔封闭，滑台停止运动

6、原位停止



动力滑台液压系统图

特点

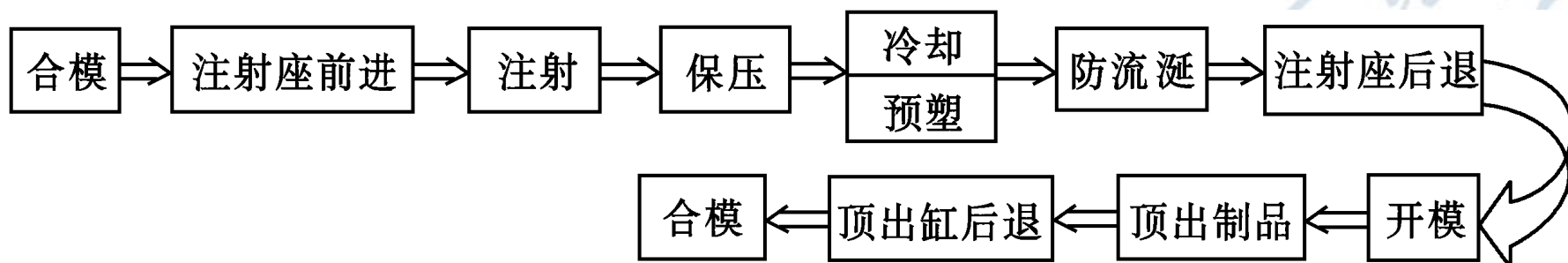
- “限压式变量叶片泵-调速阀-背压阀”式调速回路，保证稳定的低速运动、较好的速度刚性和较大的调速范围；
- 限压式变量泵和差动连接式液压缸来实现快进，滑台停止运动时换向阀使液压泵在低压下卸荷，减少能量损耗；
- 两个工进速度都较低，采用电磁阀换接能保证换接精度；而快进与工进的换接使用行程阀和顺序阀，动作可靠，换接精度比电气控制式高。

表 7-1 YT4543 型动力滑台液压系统的动作循环表

动作名称	信 号 来 源	电磁铁工作状态			液压元件工作状态					
		1YA	2YA	3YA	顺序阀 2	先导阀 11	换向阀 12	电磁阀 9	行程阀 8	
快进	起动按钮	+	-	-	关闭	左位	左位	右位	右位	
一工进	挡块压下行程阀 8	+	-	-	打开				左位	左位
二工进	挡块压下行程开关	+	-	+						
停留	滑台靠压在固定挡块处	+	-	+						
快退	时间继电器发出信号	-	+	+	关闭	右位	右位	右位	右位	
停止	挡块压下终点开关	-	-	-		中位	中位			右位

注塑机电液比例控制系统

- 注塑机是塑料注射成型机的简称，是热塑性塑料制品的成型加工设备。
- 由合模部件、注射部件、液压传动与控制系统及电气控制部分等组成

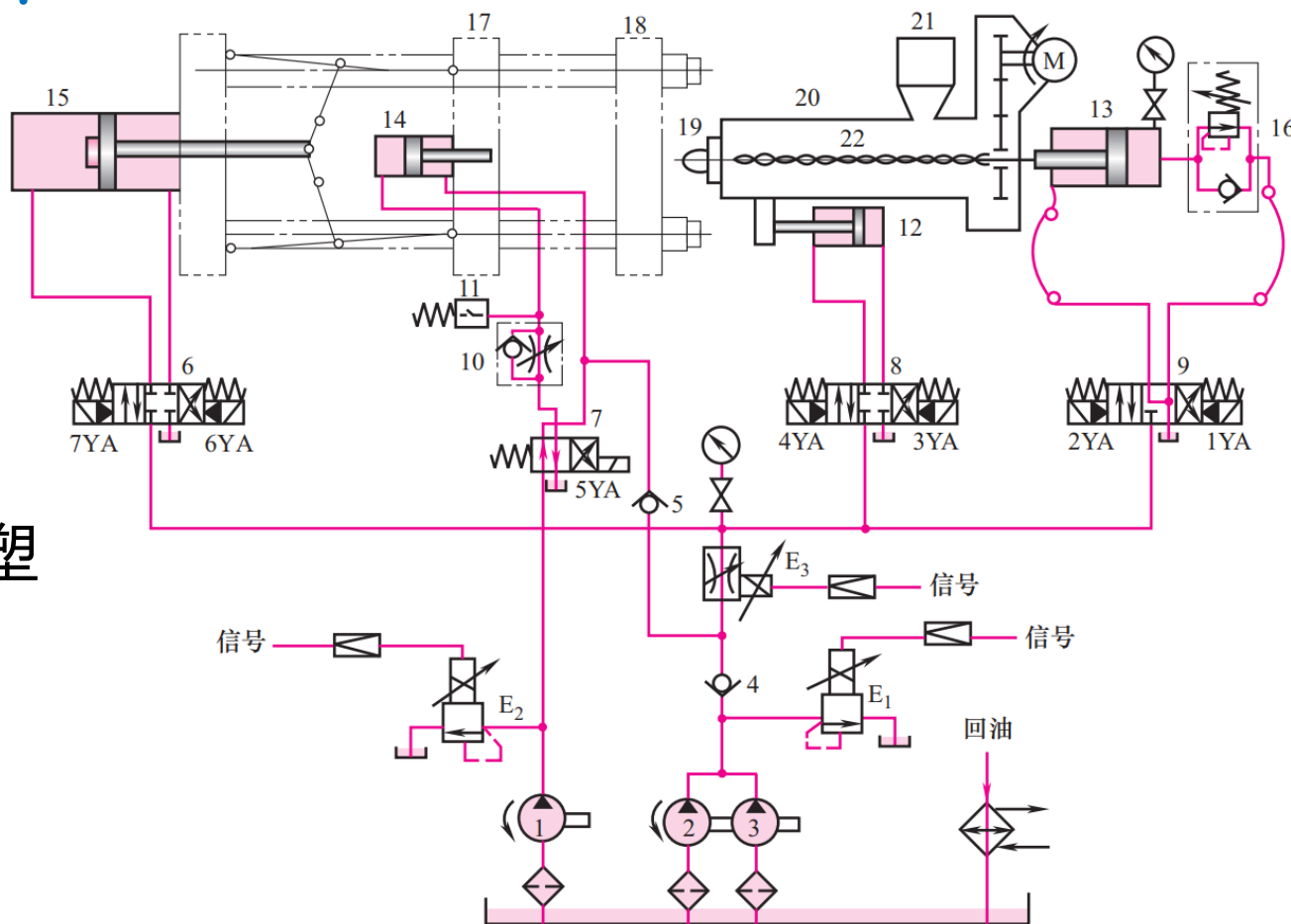


注塑机电液比例控制系统

- 采用电液比例阀对多级压力和多种速度进行控制

液压系统工作循环：

- ① 合模
- ② 注射座前移
- ③ 注射
- ④ 保压
- ⑤ 制品冷却及预塑
- ⑥ 防流
- ⑦ 注射座后退
- ⑧ 顶出缸后退



注塑机液压系统图

特点

- 动作循环主要依靠行程开关切换电磁换向阀来实现。
- ① 压力和速度变化较多，比例控制系统简单
- ② 行程开关实现自动工作循环
- ③ 保压阶段，有溢流，耗能

表 7-5 电磁铁工作情况表

电磁铁 动 作		1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	E ₁	E ₂	E ₃
合模	快速合模							+	+	+	+
	低压保护							+	+	+	+
	高压锁紧							+		+	+
注射座前进				+/-						+	+
注射		+							+	+	+
保压		+								+	+
预塑				+						+	+
注射座后退					+/-					+	+
开模							+		+	+	+
顶出						+				+	
螺杆后退			+							+	+

改进

- 可用容积调速回路取代，以**避免溢流损失和节流损失**
- 电液比例压力调节泵实行压力控制
- 电液比例流量调节泵实现速度控制

- 前置式节流器2、先导式压力阀1与恒压阀6构成泵5的**压力控制回路**
- 比例节流阀4和恒流量阀3构成泵5的**流量控制回路**

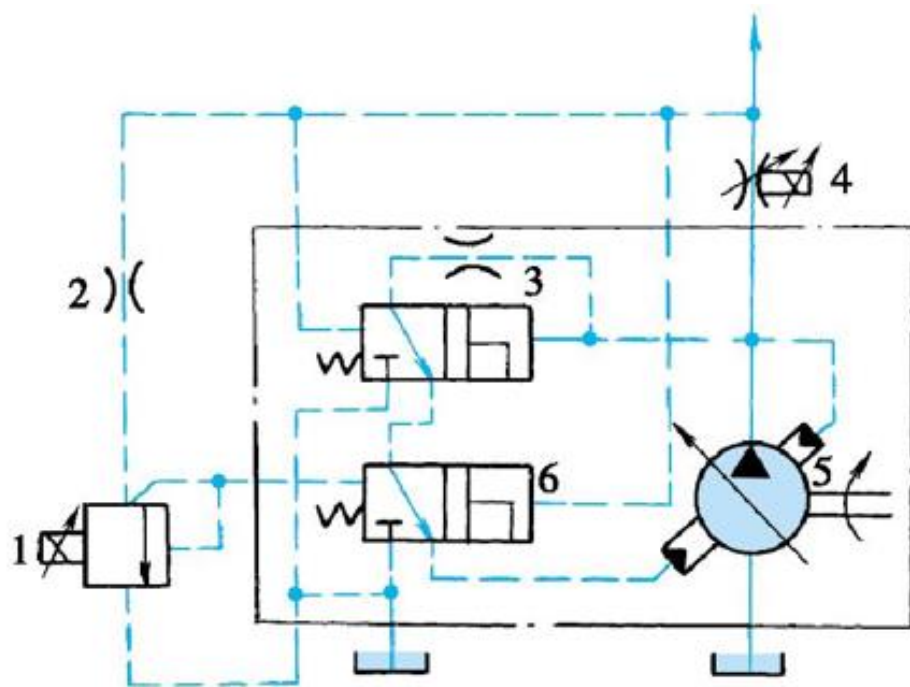


图 10-9 节能型的高效系统

1—比例压力阀 2—前置式节流器 3—恒流量阀
 4—比例节流阀 5—电液比例控制泵 6—恒压阀

改进

- 在流量控制阶段，泵的输出压力与负载相协调：如负载变化，使阀4的压差偏大或偏小，则推动阀3左移或右移。使泵的排量减小或增大，最终使流量保持恒定。

泵的输出压力比负载压力高出一个阀4的压差

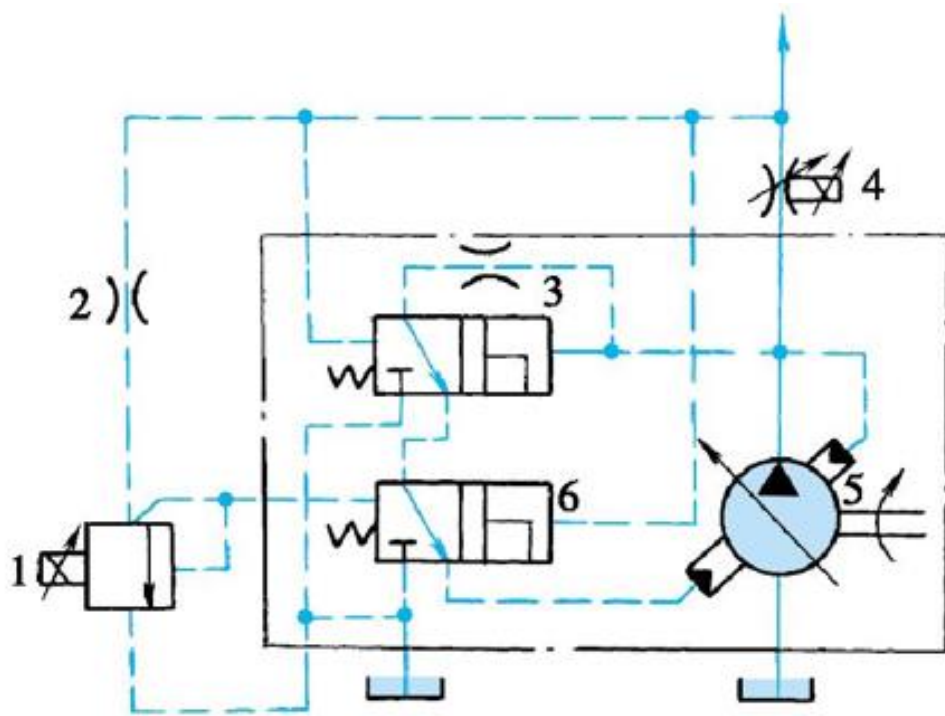


图 10-9 节能型的高效系统

- 1—比例压力阀 2—前置式节流器 3—恒流量阀
 4—比例节流阀 5—电液比例控制泵 6—恒压阀

改进

- 在压力控制阶段，泵输出流量接近于零，仅消耗极小的功率：
保压阶段系统压力达到阀1设定的最高压力时，**阀6左移**使泵排量迅速减小到接近于零，泵相应地变成高压小流量的工况

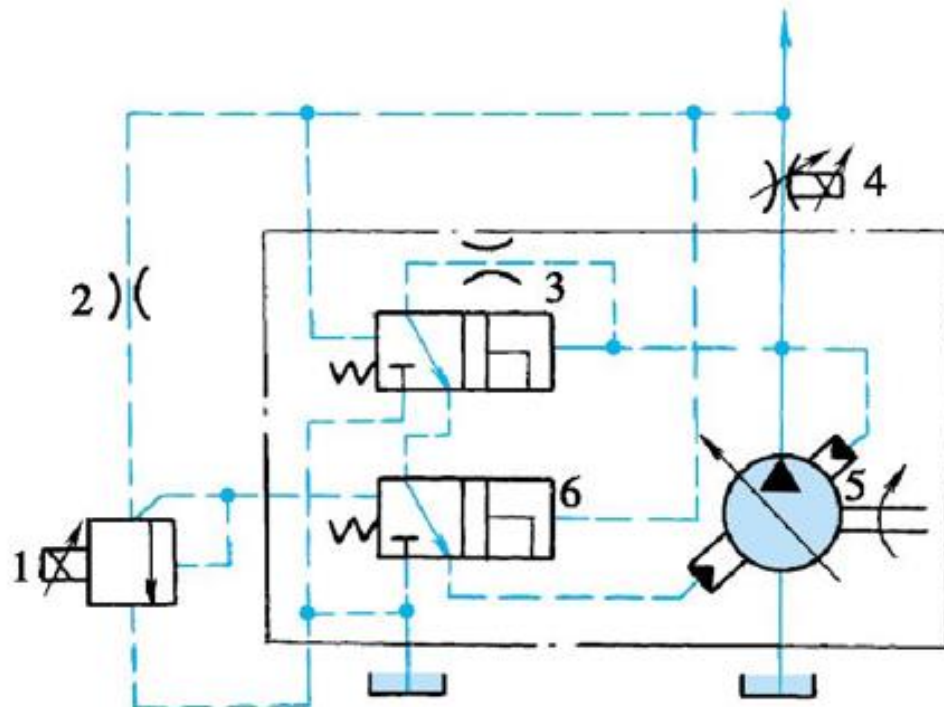


图 10-9 节能型的高效系统

- 1—比例压力阀 2—前置式节流器 3—恒流量阀
 4—比例节流阀 5—电液比例控制泵 6—恒压阀

汽车起重机液压系统

- 液压起重机承载能力大，可在有冲击、振动和环境较差的条件下工作。

工作机构：

- ① 支腿
- ② 回转机构
- ③ 伸缩机构
- ④ 变幅机构
- ⑤ 起降机构

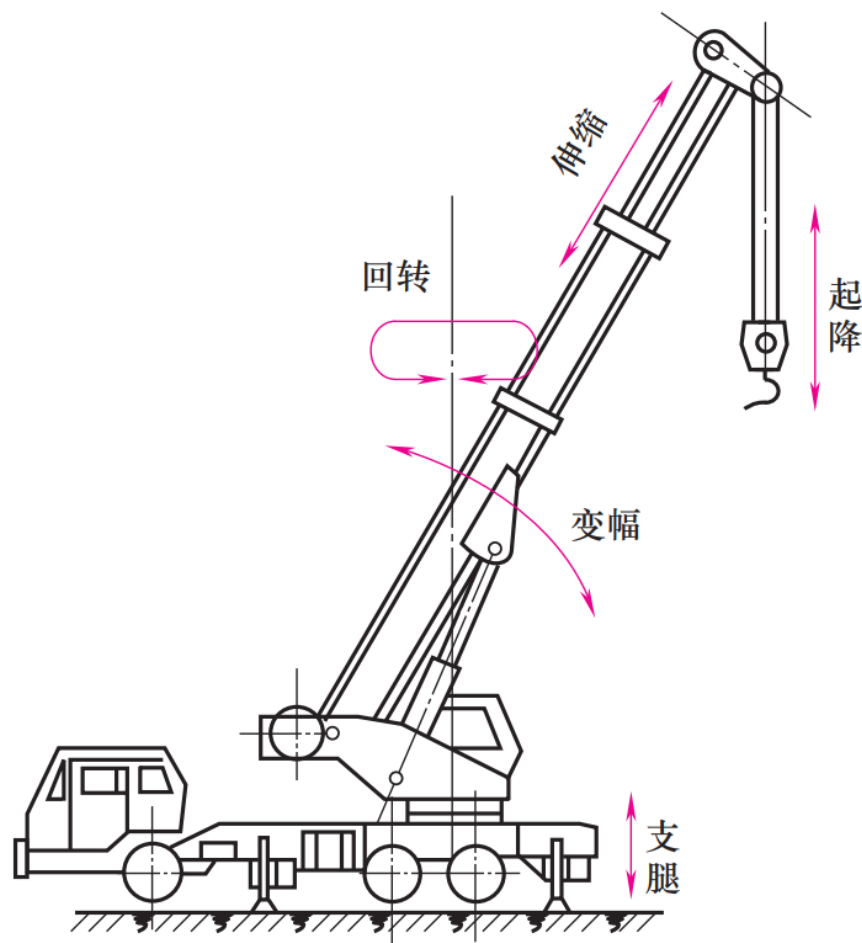
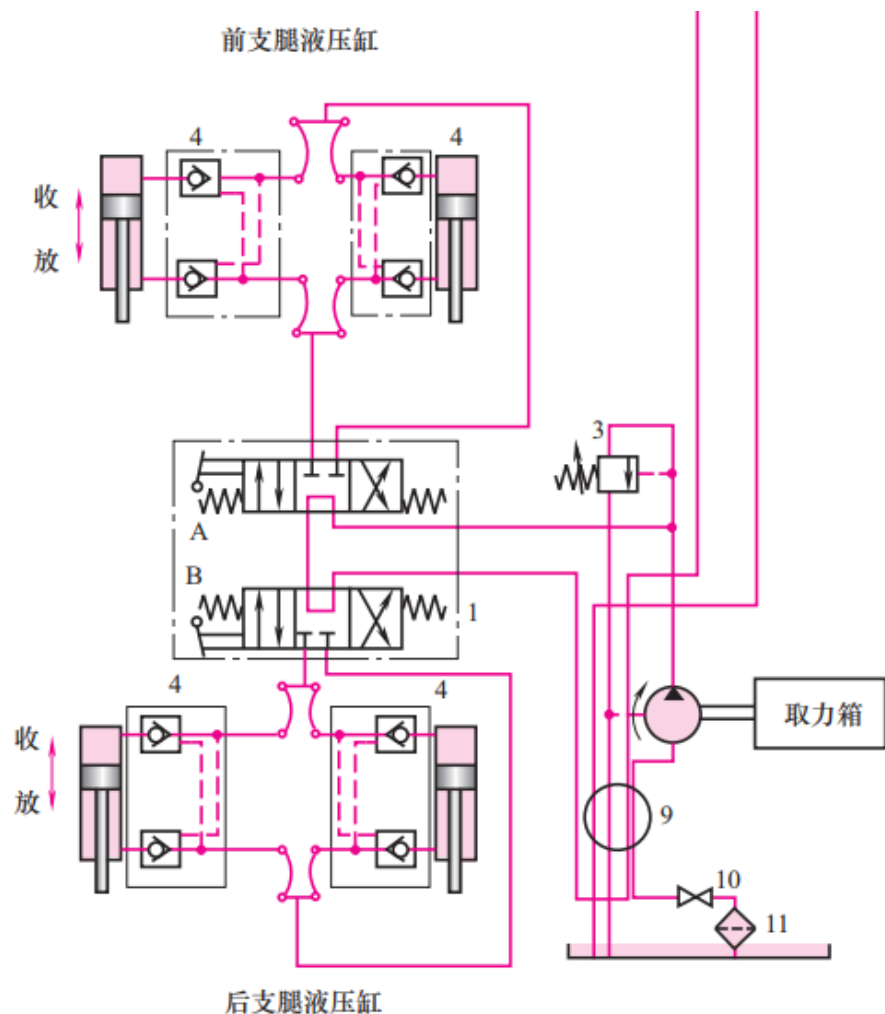


图 7-5 汽车起重机的工作机构

汽车起重机液压系统

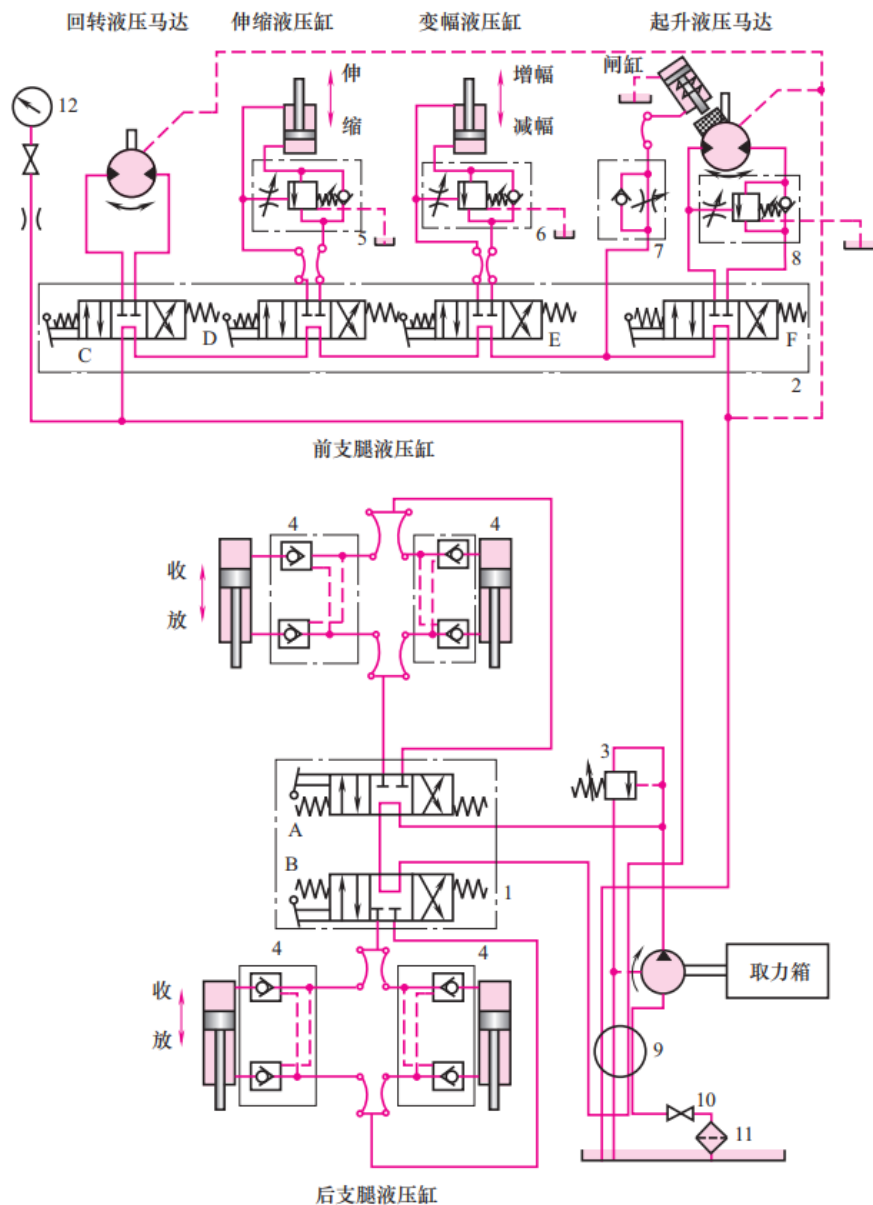
- **支腿回路**：汽车起重机的底盘前后各有两条支腿， 每一条支腿由一个液压缸驱动。
- 前支腿和后支腿分别由**三位四通手动换向阀 A 和 B** 控制
- 换向阀均采用 M 型中位机能，且油路是串联的。每个液压缸的油路上均设有**双向锁紧回路**，以保证支腿被可靠地锁住，防止在起重作业时产生“软腿”现象或行车过程中支腿自行滑落



汽车起重机液压回路

汽车起重机液压系统

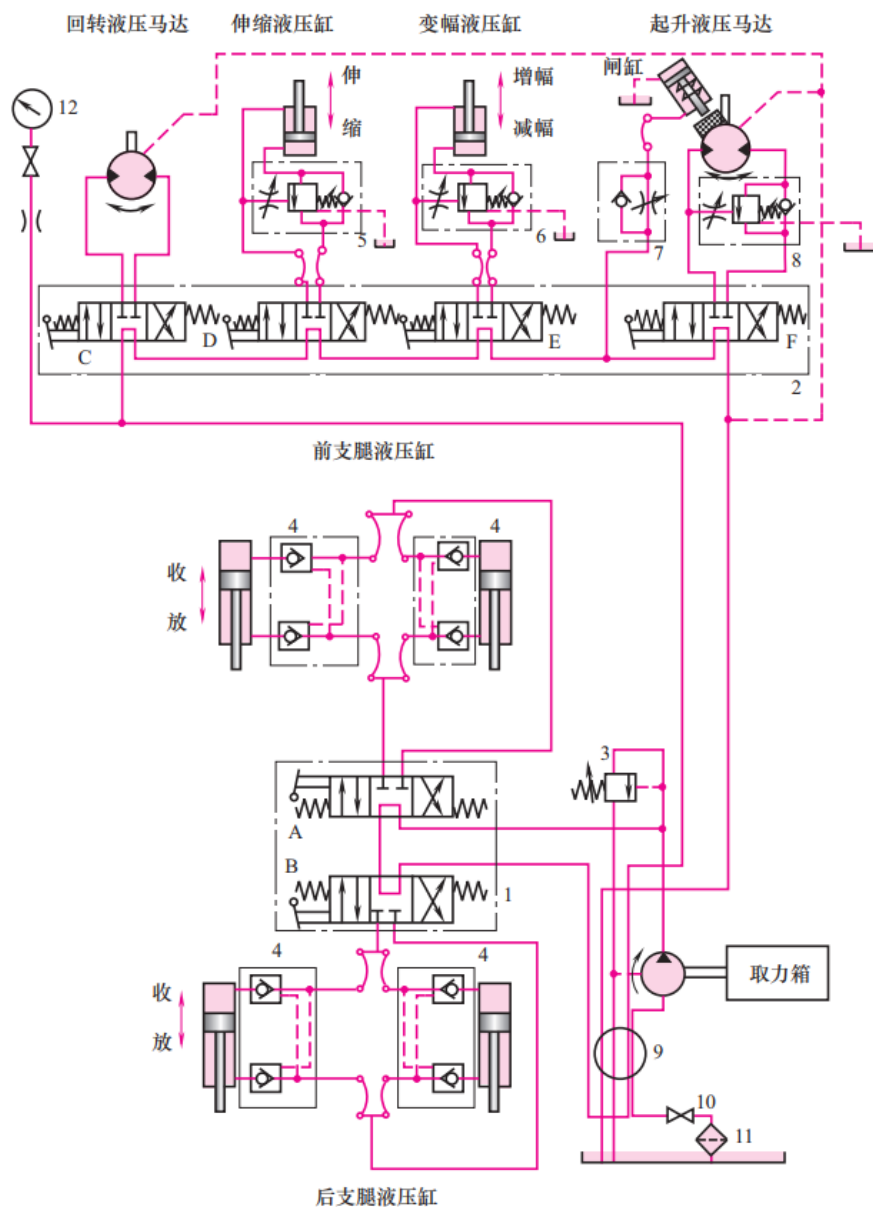
- **回转回路**：回转机构采用液压马达作为执行元件。
- 液压马达通过蜗轮蜗杆减速箱和内啮合齿轮驱动转盘。转盘和液压马达的转速不高，就没有必要设置液压马达的制动回路。
- 系统中只采用一个**三位四通手动换向阀C**来控制转盘的正转、反转和不动三种工况。



汽车起重机液压回路

汽车起重机液压系统

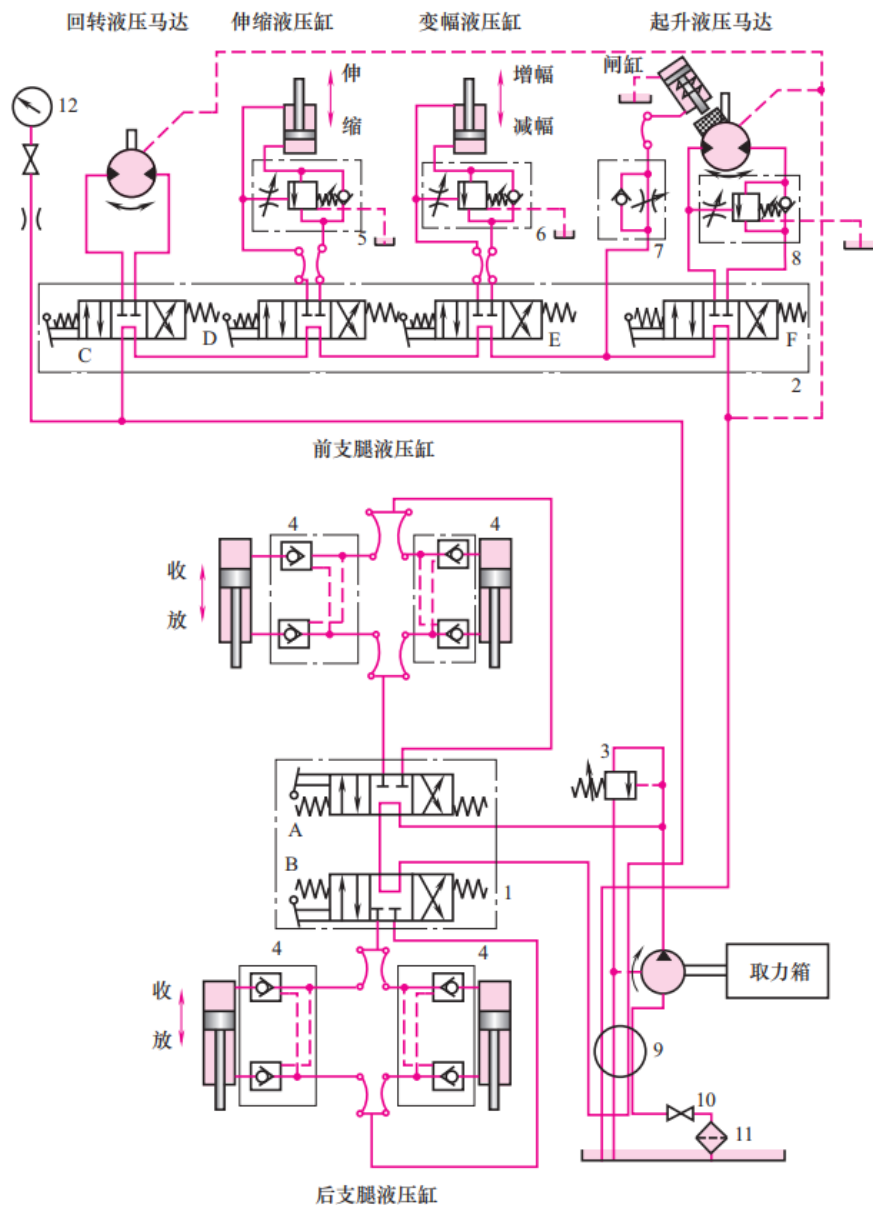
- **伸缩回路**：起重机的吊臂由基本臂和伸缩臂组成，伸缩臂套在基本臂之中。
 - 用一个由**三位四通手动换向阀**控制的伸缩液压缸来驱动吊臂的伸出和缩回。
 - 为防止因自重而使吊臂下落，油路中设有**平衡回路**。



汽车起重机液压回路

汽车起重机液压系统

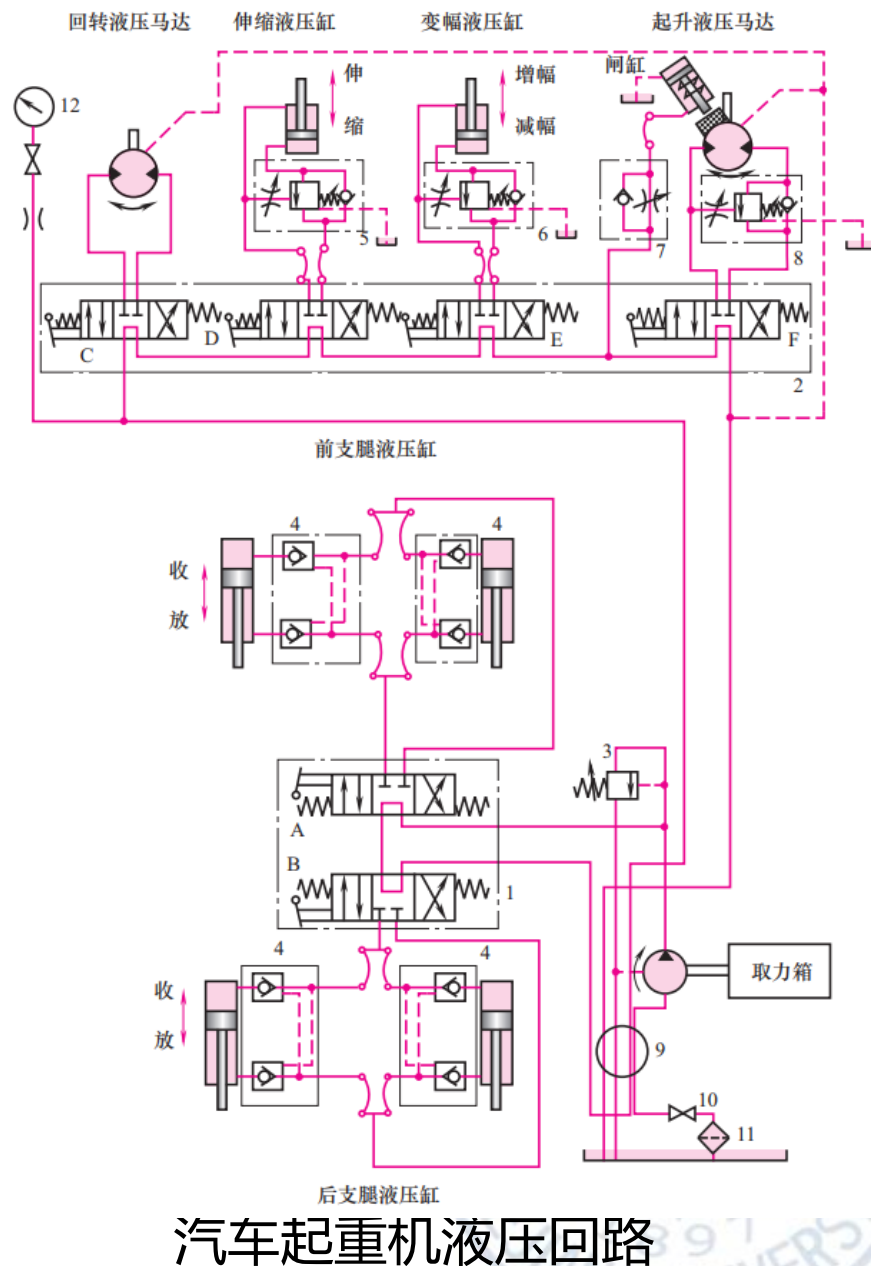
- **变幅回路**：吊臂变幅就是用
一个液压缸来改变起重臂的
角度。
- 变幅液压缸由**三位四通手动
换向阀 E** 控制。
- 同样， 为防止在变幅作业
时因自重而使吊臂下落，
在油路中设有**平衡回路**。



汽车起重机液压回路

汽车起重机液压系统

- 起降回路：起降机构是由大转矩液压马达带动的卷扬机。
- 液压马达的正、反转由三位四通手动换向阀 F 控制。起升速度的调节是通过改变汽车发动机转速实现的。
- 在液压马达的回油路上设有平衡回路，防止重物自由落下；
- 还设有由单向节流阀和单作用闸缸组成的制动回路，避免卷扬机起停时产生溜车下滑现象。



汽车起重机液压系统

表 7-4 Q2-8 型汽车起重机液压系统的工作情况

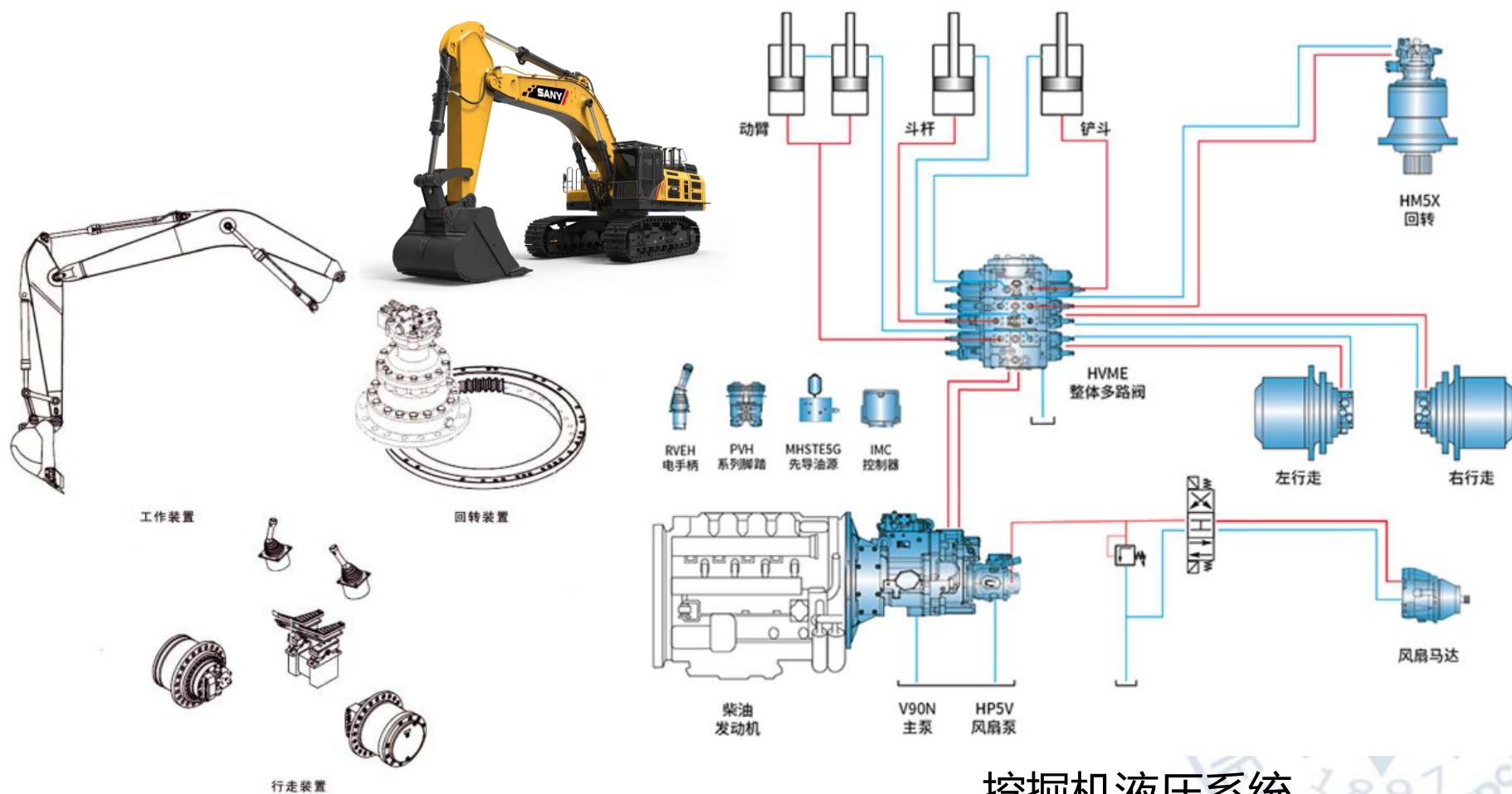
手动换向阀位置						系统工作情况						
阀 A	阀 B	阀 C	阀 D	阀 E	阀 F	前支腿 液压缸	后支腿 液压缸	回转液 压马达	伸缩液 压 缸	变幅液 压 缸	起升液 压马达	制动液 压 缸
左位	中位	中位	中位	中位	中位	伸出	不动	不动	不动	不动	不动	制动
右位						缩回						
中位	左位					不动	伸出					
	右位						缩回					
	中位	左位					不动	正转				
		右位						反转				
		中位	左位					不动	缩回			
			右位						伸出			
			中位	左位					不动	减幅		
				右位						增幅		
				中位						不动	正转	松开
				中位	右位						反转	

特点

- 1) 在调压回路中，用安全阀限制系统最高压力。
- 2) 在调速回路中，用手动调节换向阀的开度大小来调整工作机构（起降机构除外）的速度，方便灵活，但劳动强度较大。
- 3) 在锁紧回路中，采用由液控单向阀构成的双向液压锁将前后支腿锁定在一定位置上，工作可靠，且有效时间长。
- 4) 在平衡回路中，采用经过改进的单向液控顺序阀作平衡阀，以防止因重物自重而下降，工作可靠；但背压造成功率损耗。
- 5) 在多缸卸荷回路中，采用M型中位将油路串联起来，使工作机构既可单独动作也可同时动作；但阀串接使泵卸荷压力加大。
- 6) 在制动回路中，采用由单向节流阀和单作用闸缸构成的制动器，工作可靠，且制动动作快，松开动作慢，确保安全。

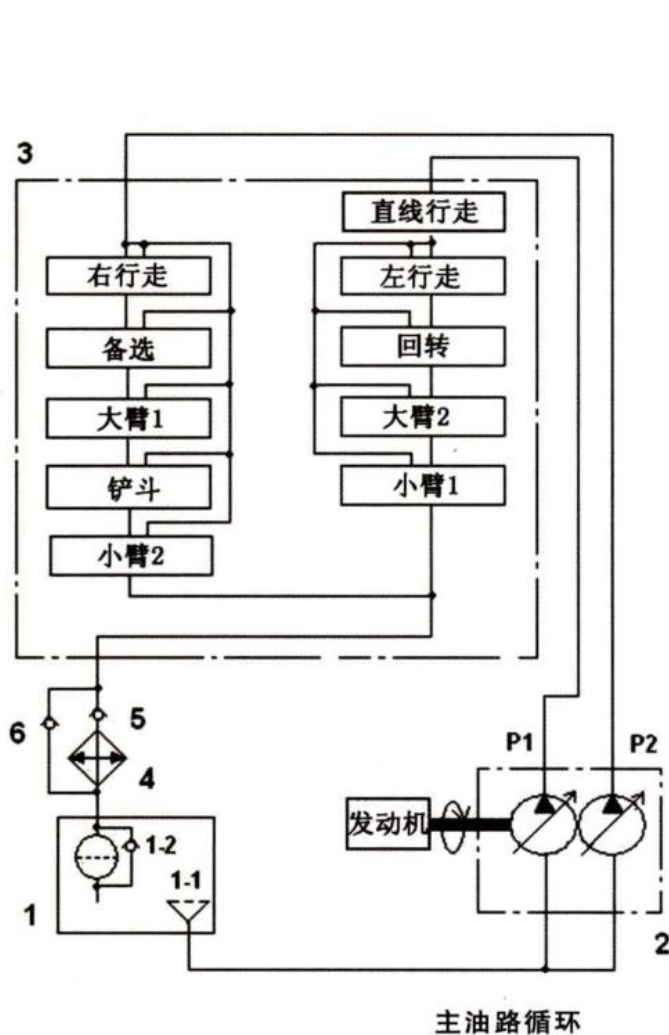
挖掘机液压系统

- 由发动机、液压系统、工作装置、行走装置和电气控制等部分组成，其液压系统是工程机械液压系统中最为复杂的

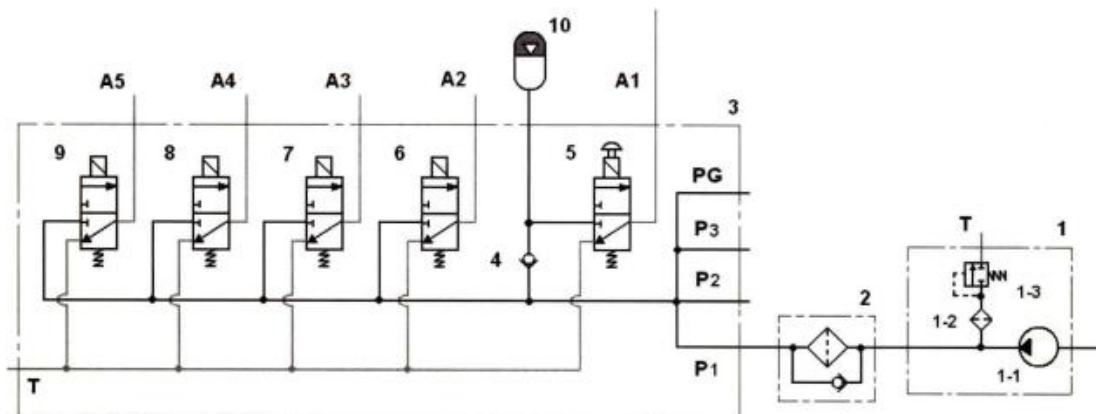


挖掘机液压系统

- 包括驱动各执行元件的**主油路**和操纵、辅助作用的**先导油路**



挖掘机液压系统主油路



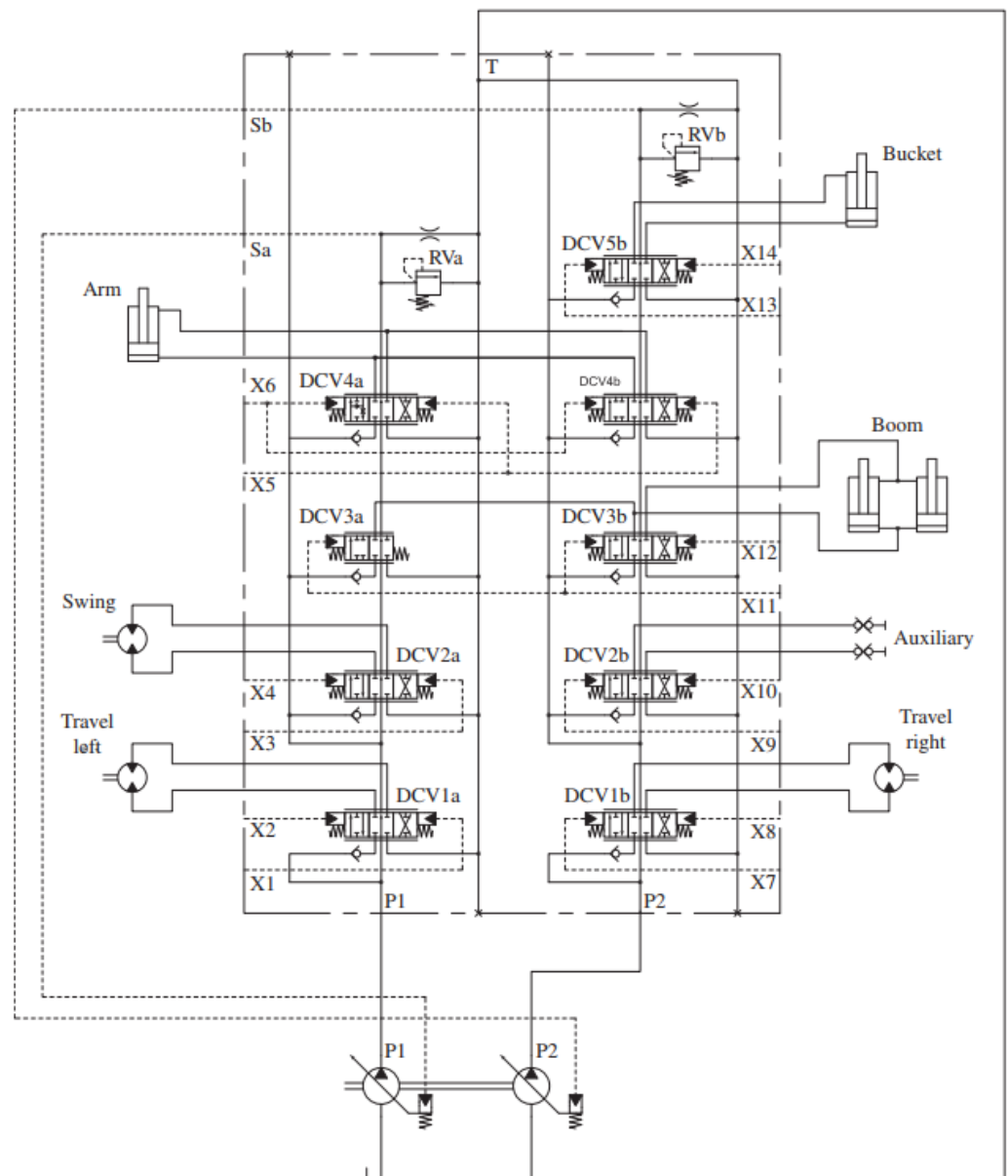
1. 先导泵 (Pilot Pump)
 - 1-1. 齿轮泵
 - 1-2. 过滤网
 - 1-3. 溢流阀
2. 先导油路过滤器: 旁通式
3. 电磁阀块
4. 单向阀
5. 解除式电磁阀
6. 7. 8. 9. 电磁阀
10. 蓄能器

挖掘机液压系统先导油路

1. 油箱: 92 页
- 1-1. 吸油滤芯
- 1-2. 过滤器
2. 主泵: P1, P2
3. 主控阀: MCV
4. 油冷却器
5. 单向阀
6. 单向阀

挖掘机主油路

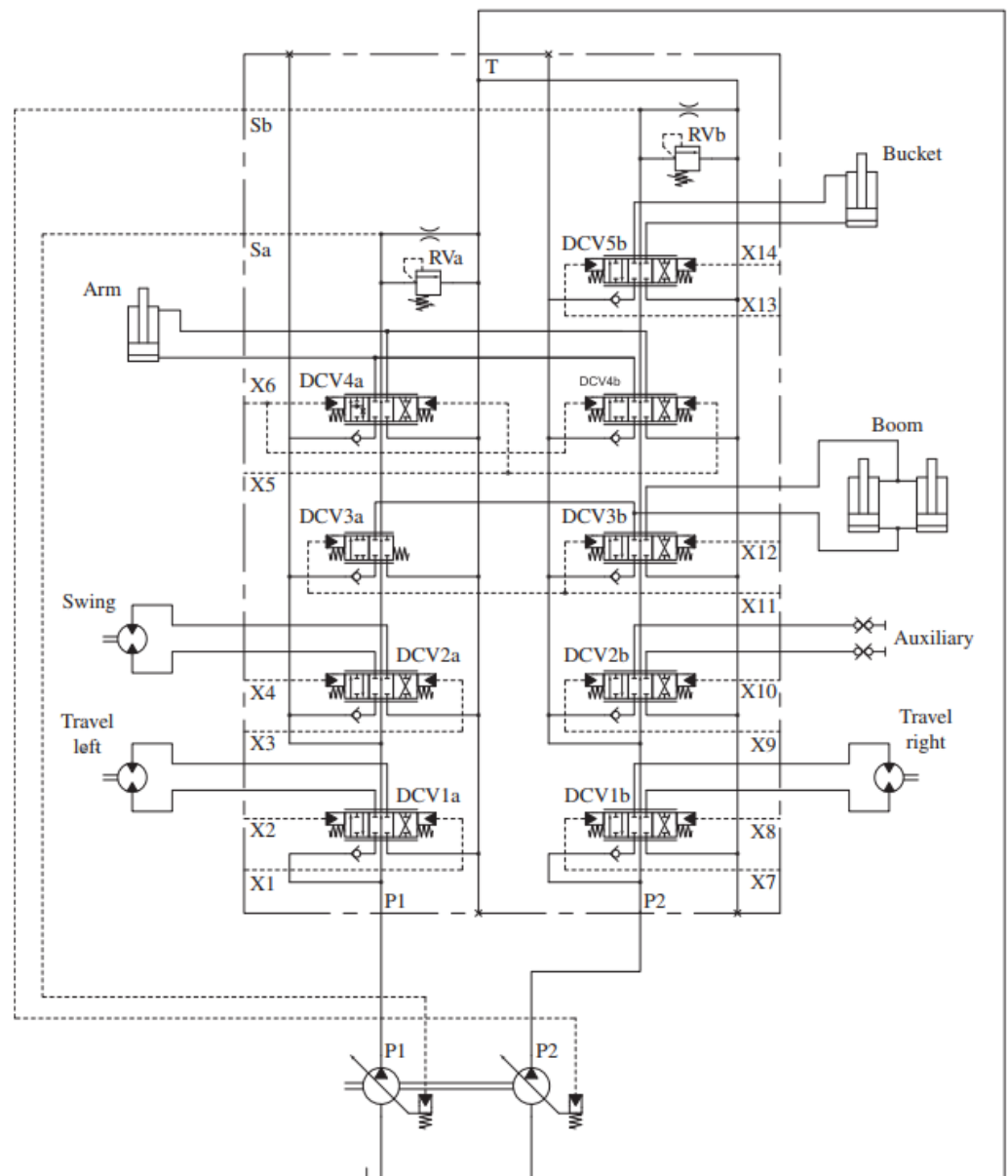
- 图示的系统基于负流量控制，具有两个活塞泵和两个组合在一个阀体内的阀组。
- 每个阀中第一部分（DCV1a和DCV1b）用于行驶马达，优先于其他装置。行驶时P1专用于左行走，P2用于右行走，从而可以精确控制运动和直线跟踪。
- DCV2a, DCV4a、DCV2b、DCV3b和DCV5b分别用于控制回转、臂、辅助装置、动臂和铲斗。DCV3a和DCV4b专用于动臂和斗杆，流量需求较高。



典型挖掘机液压回路

挖掘机主油路

- 当挖掘机同时进行多个动作时，左阀组（由P1提供）专用于回转和斗杆，而右阀组（P2提供）专用于动臂和铲斗。两个回路独立工作，从而减少负载干扰和流量饱和的影响，同时提高能量效率
- 当动臂和斗杆需要最大速度时，辅助滑阀可以提供额外流量，从而提高执行器速度
- 例如，动臂滑阀DCV3a参与动臂提升，而动臂下降仅通过DCV3b进行。
- 例如，斗杆通过DCV4a差动连接实现缸的快速伸出。

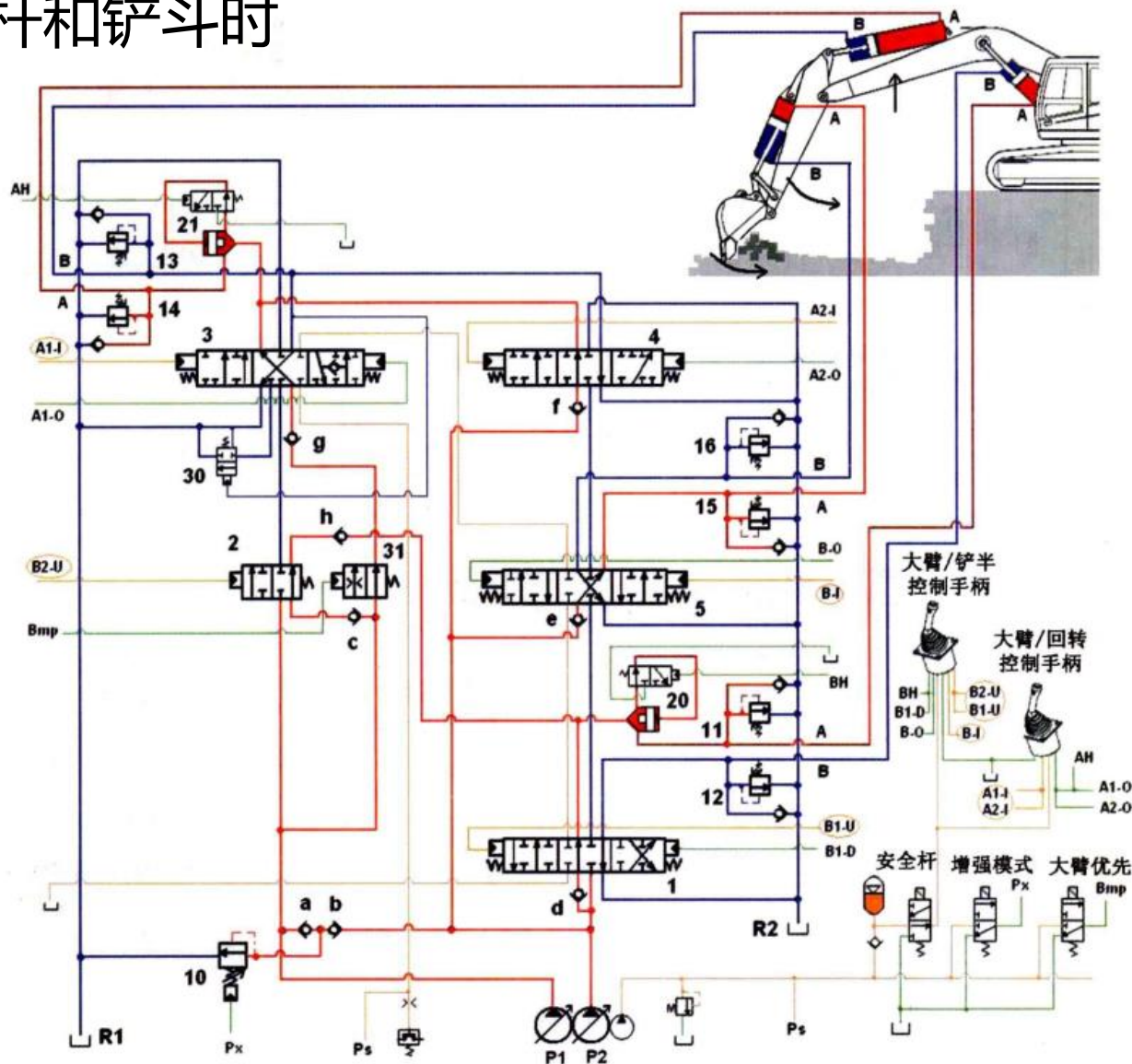


典型挖掘机液压回路

挖掘机工作装置液压系统

- 同时操作动臂、斗杆和铲斗时

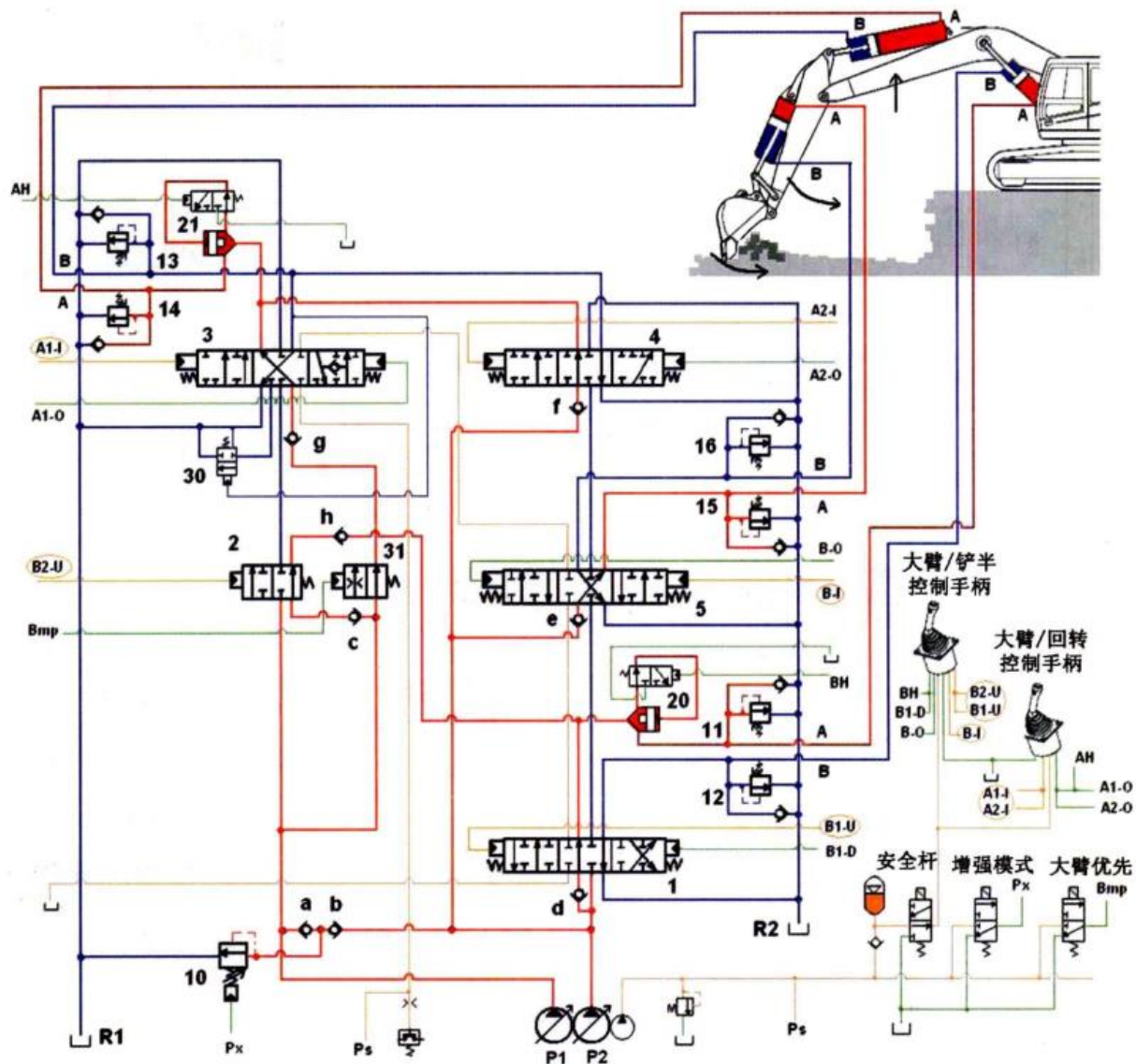
- 泵P1：工作油进入单向阀c，经动臂选择阀2和单向阀h流向动臂保持阀20。
- 另一路工作油经优先阀31、单向阀g、斗杆选择阀3到达斗杆保持阀21，并打开锥阀，最终进入斗杆油缸A腔，斗杆收回



挖掘机工作装置液压回路

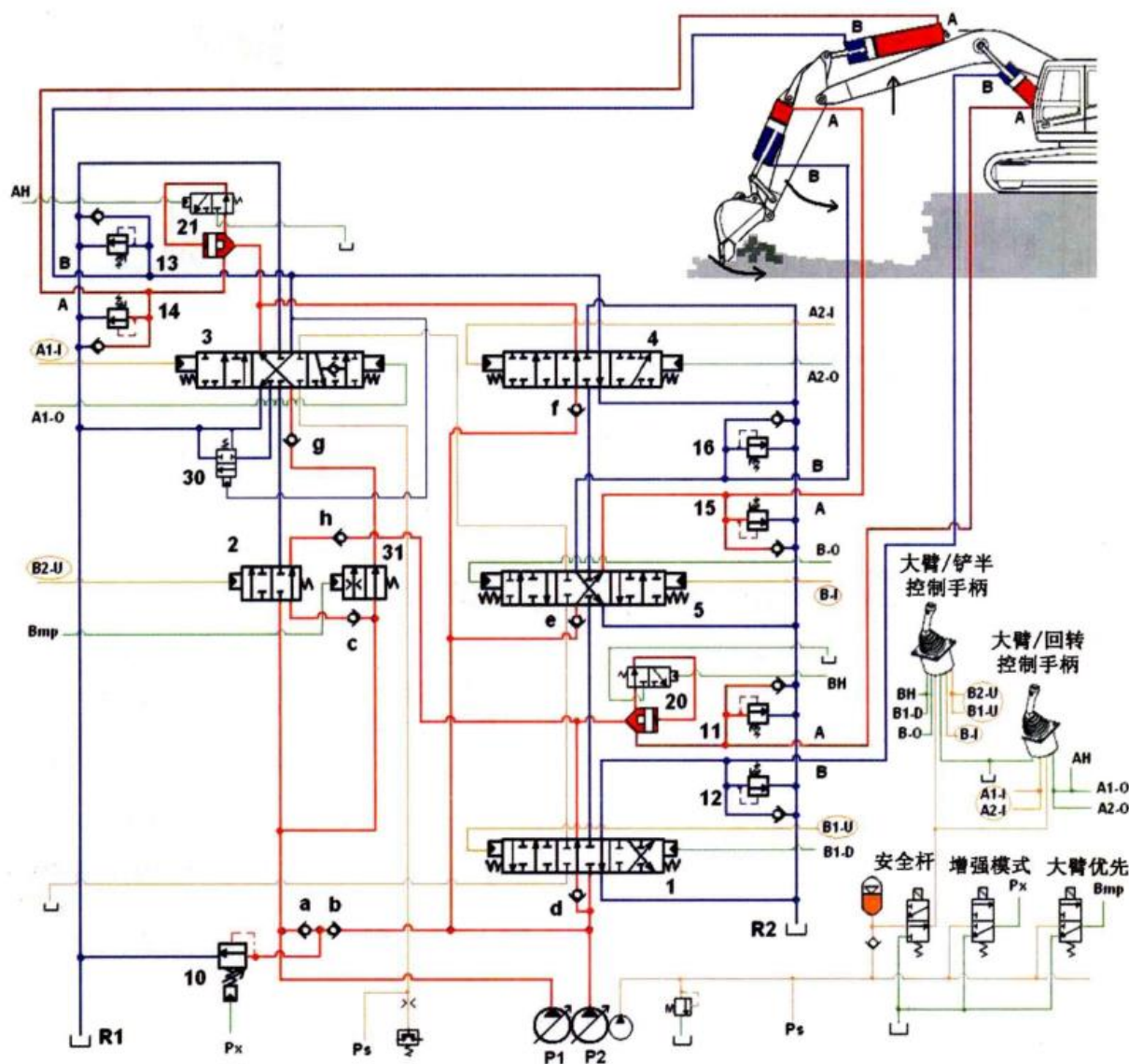
挖掘机工作装置液压系统

- 泵P2：工作油开启单向阀d，经过动臂阀1流向动臂保持阀20，同时与经过动臂选择阀2的P1工作油合流后到达动臂油缸A腔，实现动臂提升，动臂油缸B腔回油经过选择阀1回油箱R2.



挖掘机工作装置液压系统

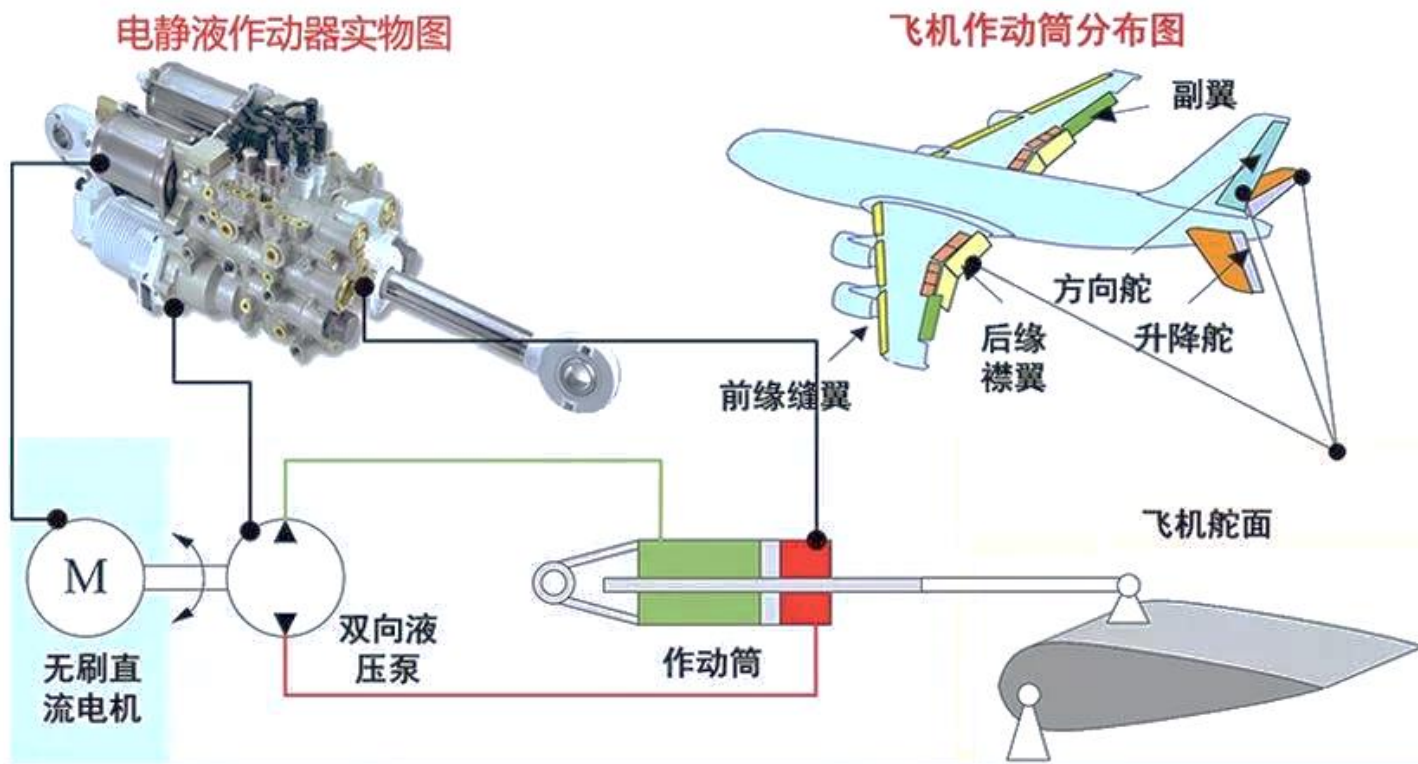
- 另一路工作油开启单向阀e，通过铲斗选择阀5，进入铲斗油缸A腔，铲斗收回，铲斗油缸B腔回油经过铲斗选择阀5回油箱R2
- 另一路工作油开启单向阀f，经过斗杆2号选择阀4和斗杆保持阀21，与流经斗杆1号选择阀3的工作油合流，使斗杆油缸移动



挖掘机工作装置液压回路

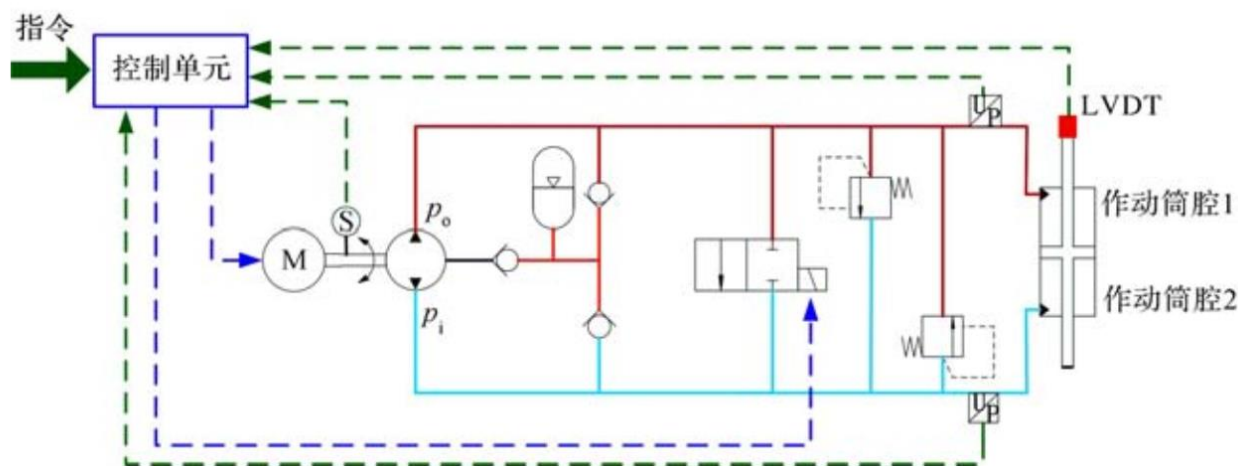
飞机电静液作动器液压系统

- 驱动飞机舵面偏转就犹如在台风中快速精准地控制一扇门一样，需要非常强大的推力和控制精度。集中式液压系统重量大，可靠性差。
- 电静液作动器（Electro-Hydrostatic Actuator, EHA）的分布式液压系统能够有效减轻重量，提高维护性和安全性。
 - 发动机只产生电力，通过电缆将能量传输到各使用端的EHA



飞机电静液作动器液压系统

- 主要由控制单元（包括功率控制单元、电子控制单元）、可调速电机、定排量高转速双向泵、蓄能器（补油油箱）、单向阀、旁通阀、安全阀、作动筒、传感器等模块构成
- 蓄能器主要为油路补油，并为泵提供吸油压力，防止气泡产生
- 2个安全阀用来保护油路，防止油路压力过高损坏元件；
- 旁通阀用于实现 EHA 的零负载运行或允许系统出故障时直接导通泵的出油口和吸油口，保护电机和液压泵



电静液作动器液压回路

-

作业

10 – 1、3、4、5、6

