



泵车液压元件及液压系统工作原理

编制 谭碧峰

目 录

第一章 泵车液压系统概述	4
一、 系统组成	4
二、 系统方框图	4
第二章 泵车液压元件	4
一、 液压动力元件	4
(一) 主液压泵	4
(二) 恒压泵	15
(三) 齿轮泵	18
(四) 臂架泵	20
二、 液压执行元件	22
(一) 搅拌马达	22
(二) 回转马达	24
(三) 冷却马达	25
(四) 水泵马达	26
(五) 主油缸	27
(六) 摆动油缸	29
(七) 支腿油缸	30
(八) 臂架油缸	31
三、 液压控制元件	32
(一) 方向控制元件	33
1. 手动换向阀: DG17V4-018N-10	33

2. 电磁阀: DG4V-5-2ALJ-M-U-H6-20	33
3. 电磁阀: 4WE6J6X/EG24N9K4.....	33
4. 电磁球阀: M2SEW6P3X/420MG24N9K4	34
5. 电液换向阀: 4WEH16E7X/6EG24N9ETK4	35
6. 梭阀: RS417	36
7. 冷却器开启阀: HF21090-02.....	36
8. 回油背压阀: 05211600030200A	37
9. 双向液压锁: BP2/710	37
10. 冲洗阀: 503.25.10.01.....	38
11. 支腿多路阀: HC-D10/5-37338-D\ HC-D10/5-37338-C	39
12. 比例多路阀: PSL4H1F/330-3	40
(二) 压力控制元件	41
1. 溢流阀 DB10-1-5X/315	41
2. 溢流阀 DGMC2-5-AT-FW-BT-FW-B-30	42
3. 减压阀 ZDR6DP1-4X/25YM.....	42
4. 比例减压阀 DRE4K-3X/18G24-10NK4M.....	43
5. 支腿平衡阀 08441103023500A.....	44
6. 臂架平衡阀 084774030301000\084774030301000.....	45
7. 回转缓冲阀 057147370235	46
8. 恒功率阀 534.06.01.01	48
(三) 流量控制元件	49
1. 单向节流阀 MK25G1.2/2.....	49

第三章	泵车液压系统工作原理	49
一、	泵送液压系统工作原理	50
(一)	泵送液压系统概述	50
(二)	泵送液压系统的组成	53
1.	泵送回路	53
2.	分配回路	57
3.	搅拌、供水及冷却回路	60
二、	臂架液压系统工作原理	63
(一)	臂架液压系统的功能	63
(二)	臂架液压系统的组成	66
三、	支腿液压系统工作原理	68
(一)	工作原理概述	68
(二)	支腿液压系统的主要回路	70

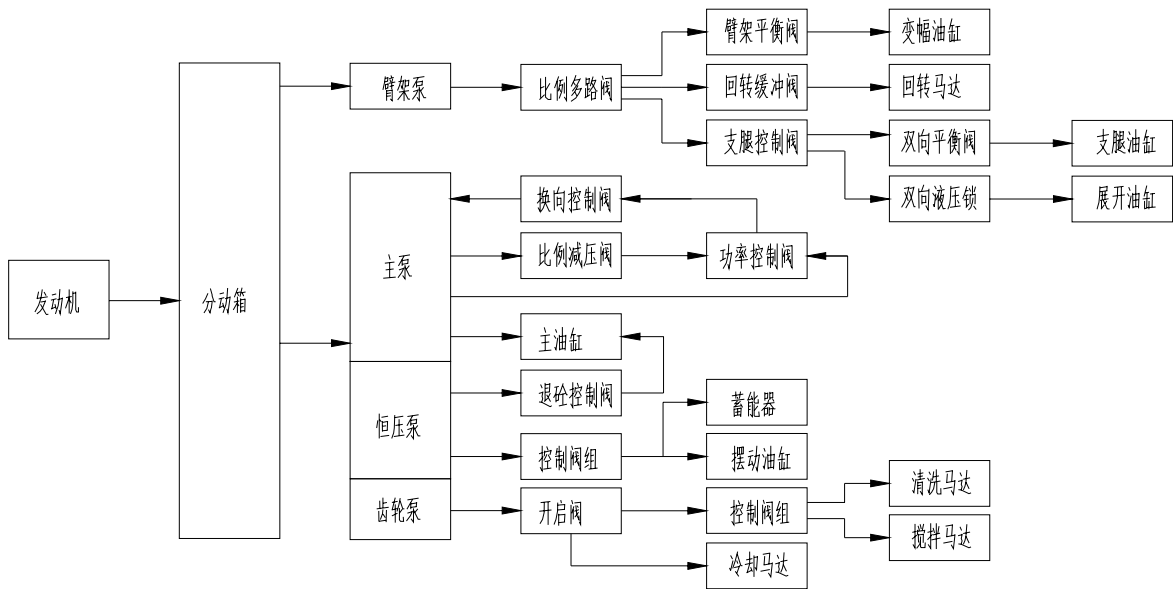
第一章 泵车液压系统概述

一、系统组成

泵车液压系统组成：①泵送液压系统；②臂架液压系统；③支腿液压系统。

二、系统方框图

按着功率传递的方向和控制关系，整个液压系统可以用如下方框图表示。



上图中，每个方框中代表一种或一组液压元件，它们的功能、结构特点、调节方法，以及它们在系统中是如何协调工作的，以下将分别介绍。

第二章 泵车液压元件

一、液压动力元件

泵车液压动力元件包括：主液压泵、恒压泵、齿轮泵、臂架泵。

（一）主液压泵

该泵利用了大部分发动机功率，向主油缸提供工作动力，是整个

液压系统中起最主要作用液压泵。

1. 主液压泵型号

我公司生产的混凝土泵车上使用的主液压泵是德国力士乐的闭式回路变量泵，由于受安装空间限制，故选用了两个串接在一起的泵，以满足流量要求，型号是：

A4VG125HDMT1/32R-NSF02F691S+ A4VG125HDMT1/32R-NSF02F021S

前泵符号意义如下：

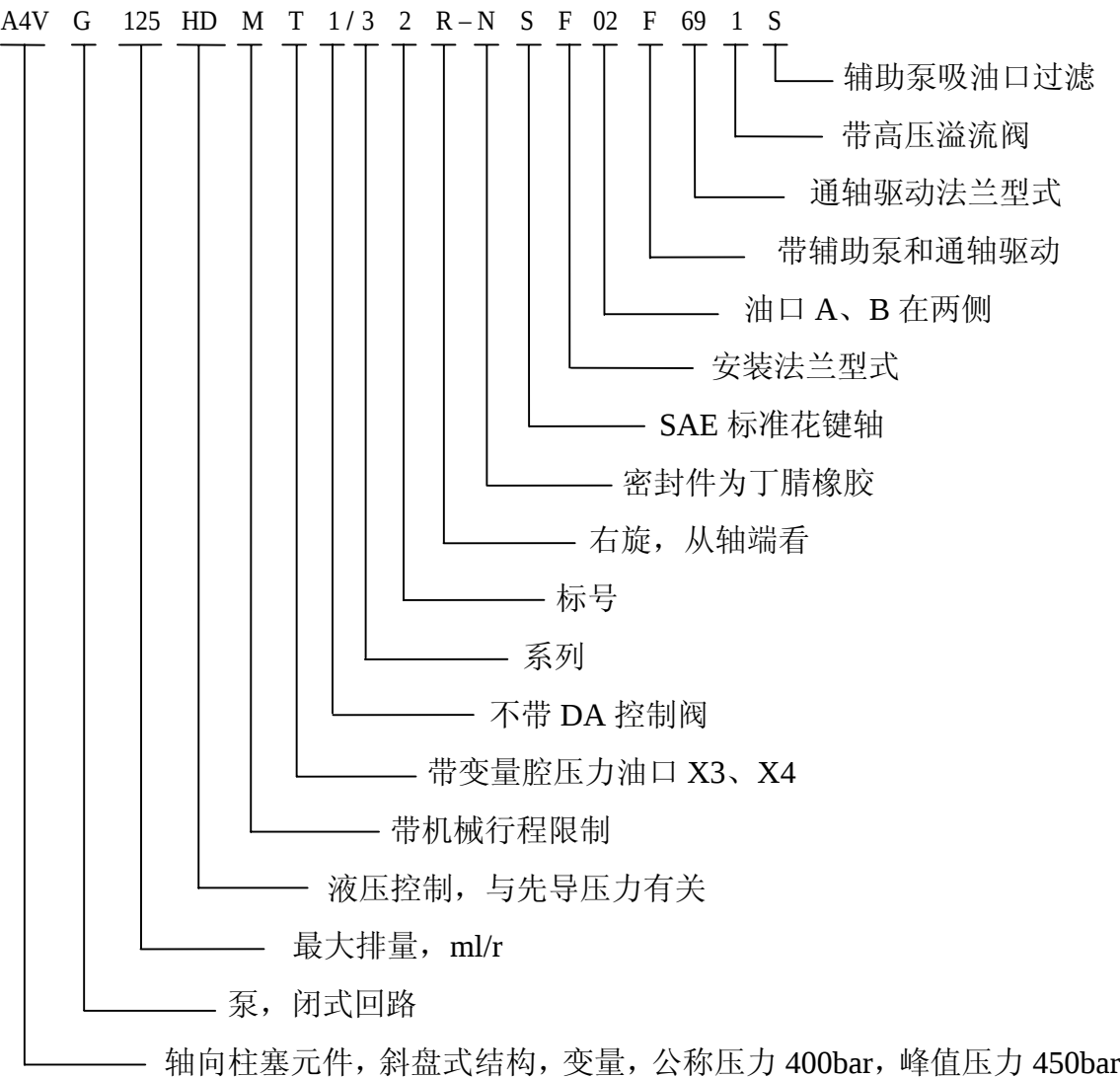


图 1 为液压系统的四联泵，前两个为主泵。

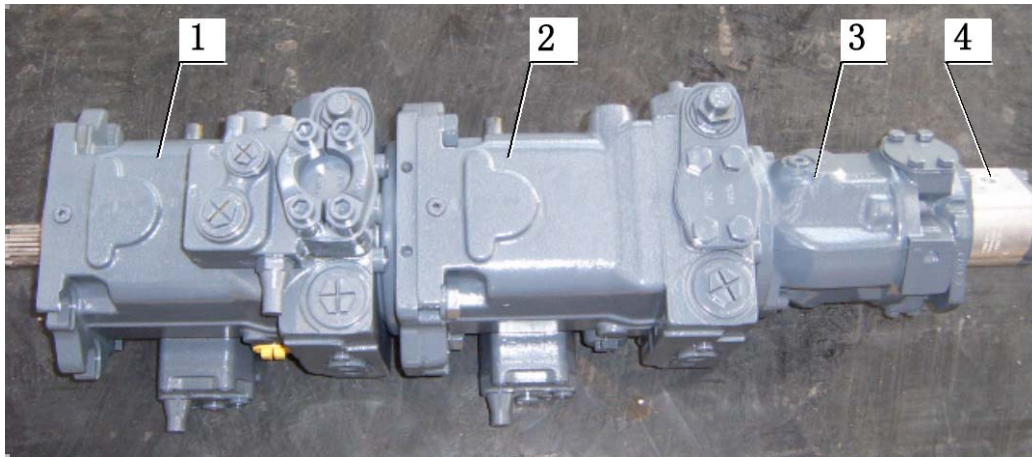


图 1 液压系统的四联泵

1—主泵（前） 2—主泵（后） 3—恒压泵 4—齿轮泵

2. 主油泵工作原理

图 2 是主油泵的剖面图。

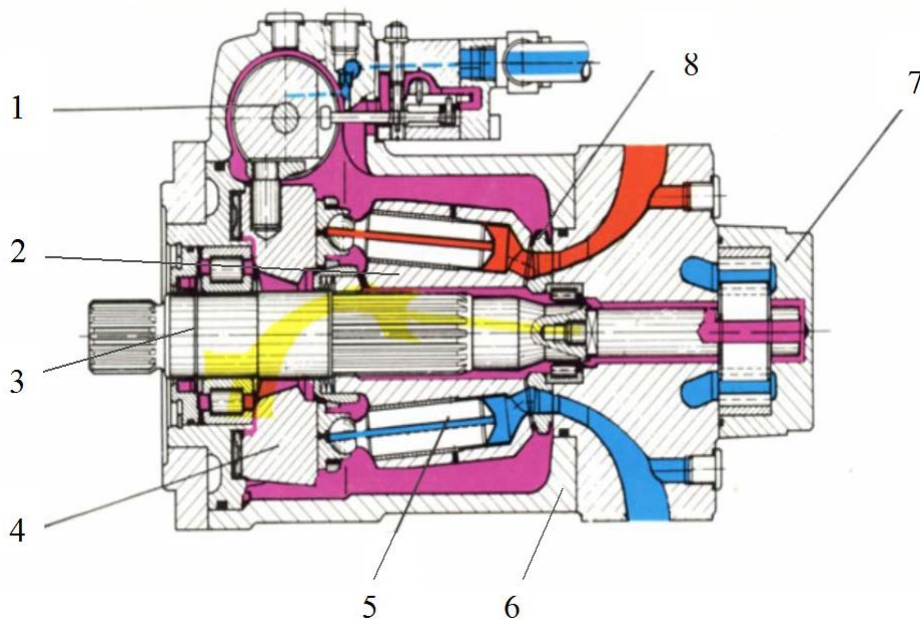


图 2 主油泵的剖面图

1—变量机构 2—缸体 3—传动轴 4—斜盘
5—柱塞 6—壳体 7—辅助泵 8—配流盘

工作时传动轴 3 带动缸体 2 旋转，当斜盘 4 倾角为零时，柱塞 5 与缸体 2 之间没有轴向相对运动，液压泵没有压力由输出；当斜盘 4 倾角为正时，柱塞 5 与缸体 2 之间有轴向相对运动，柱塞外伸时吸油，柱塞内缩时压油，吸油和压油经过配流盘 8 的配流窗口进行分配，分

别通向吸油口和压油口；当斜盘 4 倾角为负时，吸油口和压油口互相颠倒。

变量机构 1 可以通过外部控制手段（如压力控制、电比例控制等）实现斜盘倾角的无级调节，从而控制执行元件的工作速度。

这种闭式回路双向变量泵可以实现液压执行元件的交替动作，特别适合用在泵送系统驱动主油缸往复交替工作。

3. 该液压泵的特点

(1) 无级变量

该液压泵为用于闭式回路的斜盘式轴向柱塞泵，流量公式为

$$Q = n \cdot q \cdot \eta_v$$

n —— 转速。

q —— 排量，与斜盘倾角成正比。

η_v —— 容积效率，取 0.95。

当油泵最高转速为 $n_{\max}=2500\text{rpm}$ ，最大排量 $q_{\max}=125\text{ml/r}$ 时，则单泵最大流量为 $Q_{\max}=297\text{l/min}$ ，双泵合流流量为 594l/min 。已知主油缸内径 140mm ，活塞杆直径 80mm ，输送缸内径 230mm ，经计算可得泵车最大输送次数为 28.6 次/分，最大输送量为 $143.5\text{m}^3/\text{h}$ 。如果不计油泵内部泄漏损失，则最大理论输送次数为 30 次/分，最大理论输送量为 $150\text{m}^3/\text{h}$ 。

主泵排量控制路线为：

遥控器排量旋钮档位→控制器输出电流→比例减压阀出口压力→液压泵的伺服阀阀芯行程→液压泵的伺服缸活塞杆行程→

斜盘倾角→液压泵排量→混凝土输送量。

(2) 液流流动方向切换平稳

斜盘摆过中位的过程，也是排量由大到小、由小到大的变化过程，在斜盘摆过中位的瞬间，排量为零，与开式系统液压阀全流量换向相比，液压冲击很小，所以该液压泵可以较平稳地改变液流方向，实现主油缸交替泵送动作平稳切换。

(3) 超载保护

图 3 是主油泵的液压原理图。

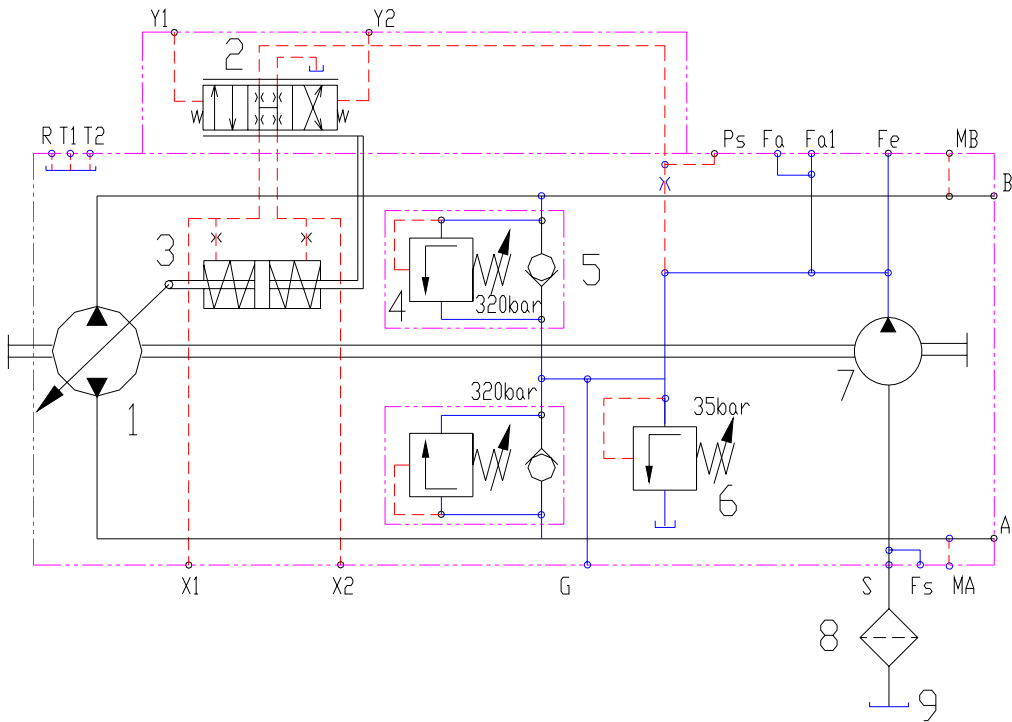


图 3 主油泵的液压原理图

1—柱塞泵 2—伺服阀 3—伺服缸 4—高压溢流阀 5—补油阀
6—低压溢流阀 7—辅助泵 8—吸油过滤器 9—液压油箱

该泵在高压油侧配备两个溢流阀（实为安全阀），保护液压系统，避免超载运行。溢流阀设定压力根据管路系统承压能力不同可以设定不同的值，我公司泵车主泵高压溢流阀设定压力为 320 bar。在泵的上

部还配有一个低压溢流阀，用于限定辅助泵工作压力。各阀在液压泵上的安装位置见图 4。

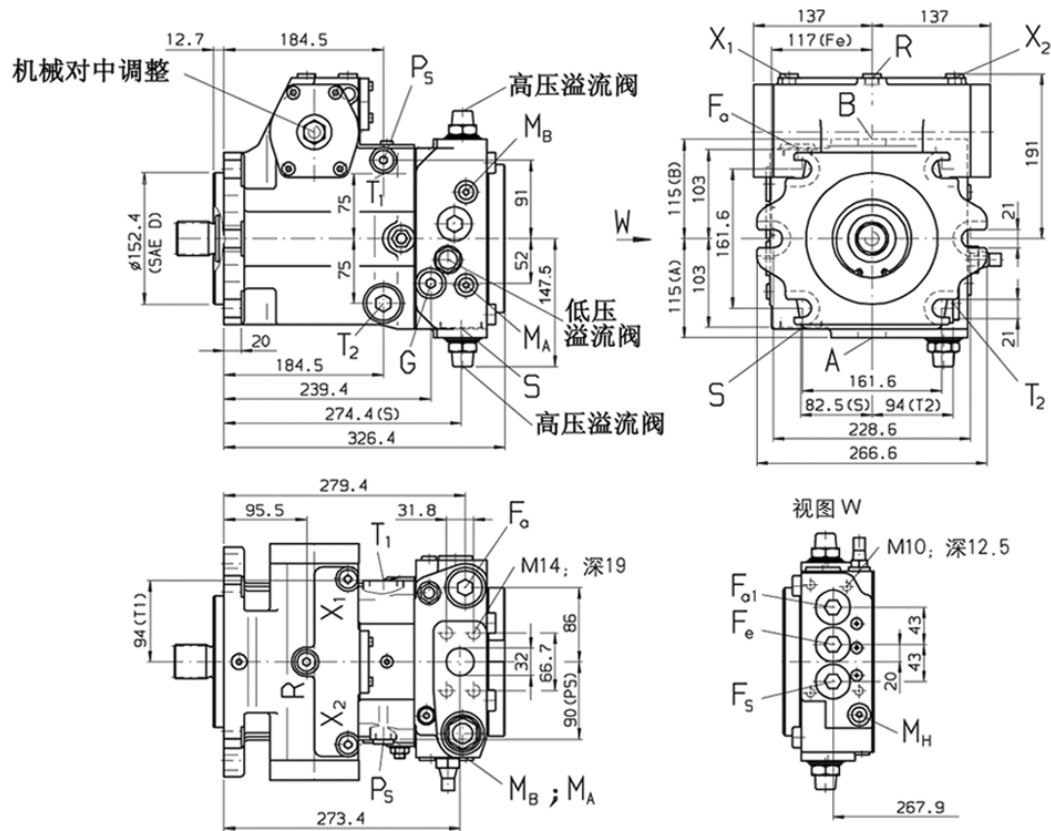


图 4 各压力阀在主液压泵上的安装位置

低压溢流阀的压力设定：

在主泵 Fa 口接测压接头和压力表（量程 60bar），启动油泵，将主泵排量降为零，油泵转速大约 1000 rpm，观察压力表的指针位置，这时拧松低压溢流阀调整螺杆锁紧螺母，顺时针或逆时针拧动调整螺钉，直至压力表指针指向 35bar 时为止，拧紧锁紧螺母，调整完毕。

高压溢流阀的压力设定：

液压泵转速在 1000rpm 左右，排量控制旋钮旋到最大位置。如果发动机此时的功率不足，允许适当加大发动机转速后调整。

用点主油缸，使某一侧主油缸憋压，观察泵送压力表（量程 600bar）

的指针位置，这时拧松该侧高压溢流阀调整螺杆锁紧螺母，顺时针或逆时针拧动调整螺钉，直至憋压时压力表指针指向 320 bar 时为止，拧紧锁紧螺母，调整完毕。然后用同样方法调整另一侧高压溢流阀压力到 320 bar。

压力调整的顺序，一般是先调低压溢流压力，然后再调整高压溢流压力，否则可能造成高压溢流压力调整不准确。

（4）补油功能

在两侧的高压溢流阀上，各反向并联了一个单向阀，起到向系统低压侧补充新油的作用。

（5）内置补油泵，兼作控制油源

为了系统散热，补充冲洗阀的溢流损失，在液压泵内部通轴安装了一个排量为 28.3ml/r 的齿轮泵，补油泵的补油压力由低压溢流阀限定，为 35bar。该补油泵出油还有两个分支，一路通向伺服阀压力油口，作为变量油缸的动力来源；另一路经 Ps 口通向比例减压阀，作为控制压力的动力来源。这两路液压油取自这里的原因，是因为管路连接短、压力稳定性好，控制精度高。

4. 液压泵的工作要求

（1）液压油要求

本液压泵要求使用矿油型液压油，液压泵工作时的油液黏度推荐为 16~36 mm²/s。液压油的黏度关系到液压泵的工作效率和使用寿命。液压泵推荐按图 5 进行黏度选择。当工作油温为 50℃时，液压油的黏度应该选择 46 号。当工作油温为 60℃时，液压油的黏度应该选择 68

号。目前公司生产的泵车统一使用的液压油是美孚AW46 液压油，运动黏度平均值为 $46\text{mm}^2/\text{s}$ 。

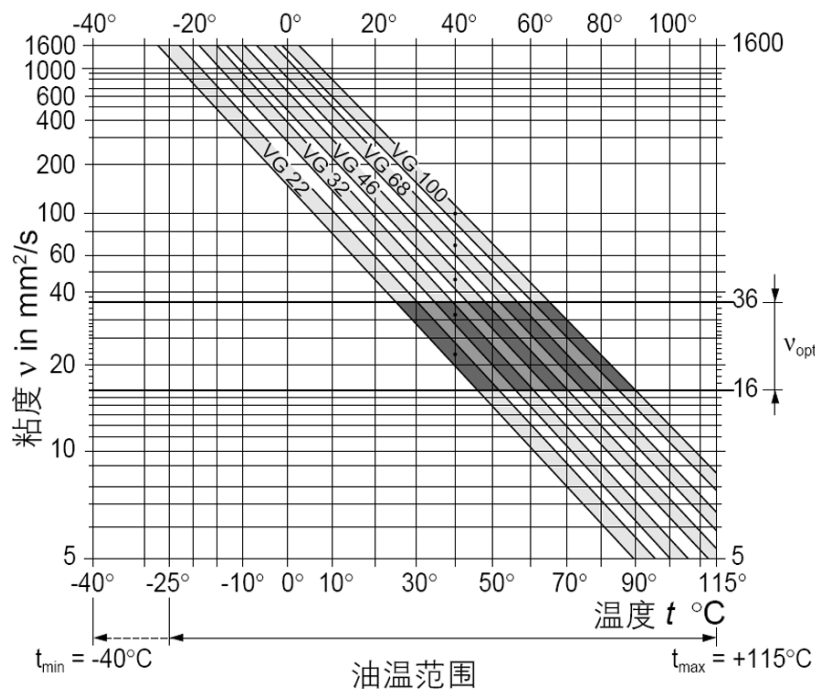


图 5 液压油黏度选择图

另外，由于每种液压油都有不同的粘温特性，液压油的黏度会随油温的高低发生变化。限制如下：当油温较高时（如 $+115^{\circ}\text{C}$ ），运动黏度平均值不得小于 $5\text{mm}^2/\text{s}$ ；当油温较低时（如 -40°C ），运动黏度平均值不得大于 $1600\text{mm}^2/\text{s}$ 。

液压泵内温度最高的地方是泄漏油，对于本液压泵，由于轴封材料为丁腈橡胶，所以泄漏油的油温不得大于 90°C 。如果油温大于 90°C ，必须使用氟橡胶轴封。

（2）各油口工作压力范围：

补油泵的补油压力：最低 20bar。

补油泵的吸油压力：绝对压力 $\geq 0.8\text{bar}$ 。也就是真空度 $\leq 0.2\text{ bar}$ ，吸油过滤器上的真空表指针不能超过绿区；冷启动时，由于油液温度

较低，允许绝对压力 $\geq 0.5\text{bar}$ ，即真空度 $\leq 0.5\text{ bar}$ ，经怠速运转，绝对压力 $\geq 0.8\text{bar}$ 后，才允许提高发动机转速。

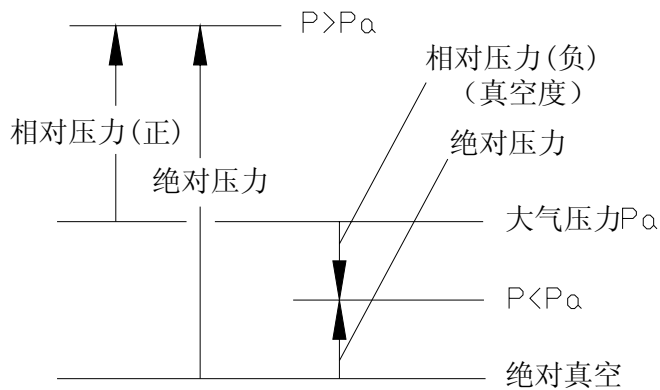


图 6 绝对压力、相对压力和真空度之间的关系

壳体压力：T1、T2 油口为泄油口，允许泄油绝对压力为 4 bar，相对压力为 3 bar；启动时，允许短时泄油绝对压力为 5 bar。泄油压力过高会造成油封泄漏。

设置两个泄油口的目的，是为了适应液压泵的不同安装方向，只要保证总有一个泄油口朝上即可，这样可以排掉壳体里的空气，保证运动零件之间都有润滑油膜，防止出现烧泵现象。

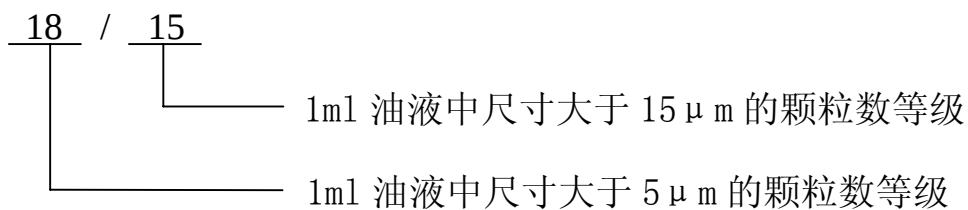
（3）液压油清洁度

按 NAS 1638 标准，要达到 9 级，见表 2-1。

按 ISO4406 标准，要达到 18/15，见表 2-2。

表 2-1 NAS1638 污染度等级（100ml 中的颗粒数）

污染度等级	颗粒尺寸范围（ μm ）				
	5~10	10~25	25~50	50~100	>100
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256



下表为 ISO4406 规定的油液污染度等级数码和相应的颗粒浓度。

表 2-2 ISO4406 污染度等级数码

每毫升颗粒数		等级数码
大于	上限值	
250000	500000	19
130000	250000	18
64000	130000	17
32000	64000	16
16000	32000	15
8000	16000	14

如果液压油工作温度很高，长时间达到了 90°C ，那么液压油的清洁度等级必须再提高一级。

泵车上设置了冷却器 and 高温保护电路，当温度传感器感受到的工作温度达到 60°C 时，电控系统令冷却风扇开始转动；当工作温度到了 90°C 时，强制泵送机构停止工作。所以工作温度总在 90°C 以下，清洁度按 NAS 1638 的 9 级或按 ISO4406 的 18/15 规定，可以满足工作要求。

为了保证进入主泵液压油的清洁度，在辅助泵吸油口上要设置一个绝对过滤精度为 $10\ \mu\text{m}$ 的吸油过滤器。

5. 液压泵的变量控制

该液压泵为液控变量泵，排量大小与两个控制油路（油口 Y_1 和 Y_2 ）的控制压力 P_{st} 有关，控制压力作用到伺服阀的某一侧，使阀芯产生一个与控制压力成正比的位移，使伺服阀与阀套之间产生微小开口量，

使补油泵的压力油驱动变量活塞产生跟随运动，牵动斜盘摆动一定的角度，同时变量活塞杆带动伺服阀套也移动相同的距离，并使伺服阀开口量减为零，斜盘就稳定在相应的倾角上，液压泵就以某一确定的排量工作。由于控制压力无级可调，所以液压泵排量也就可以无级可调。

当控制压力作用到伺服阀阀芯的另一侧时，斜盘反向倾斜，液压泵进出油口发生反转。这样就可以控制执行元件反向运动。

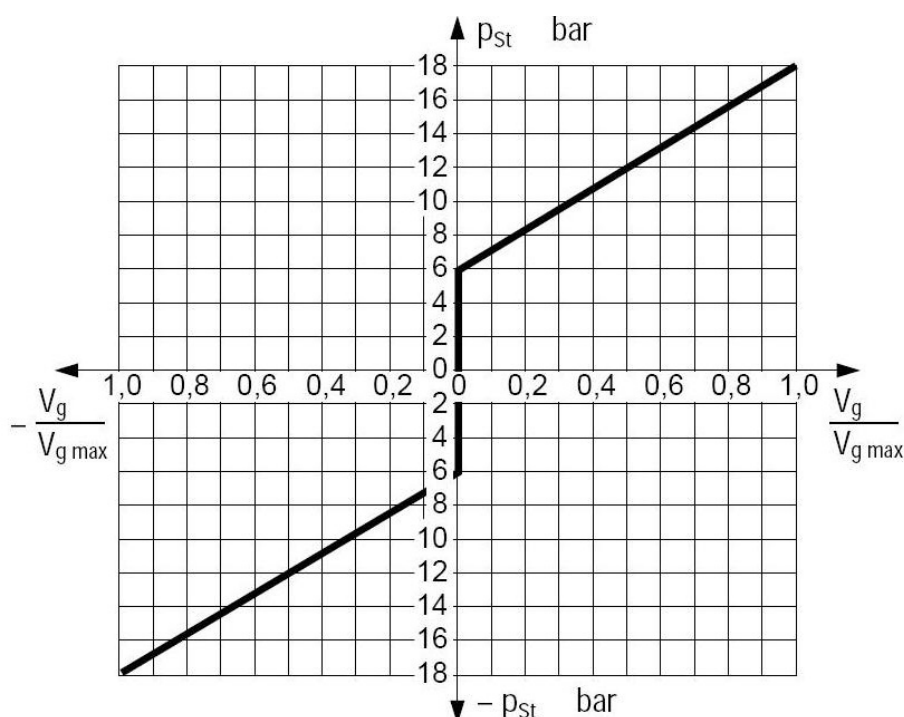


图 7 液压泵的排量与控制压力

控制压力 $P_{st}=6\sim 18\text{ bar}$ （油口 Y_1 和 Y_2 ）

变量起点 6 bar

变量终点 18 bar（最大排量 $V_{g\max}$ ）

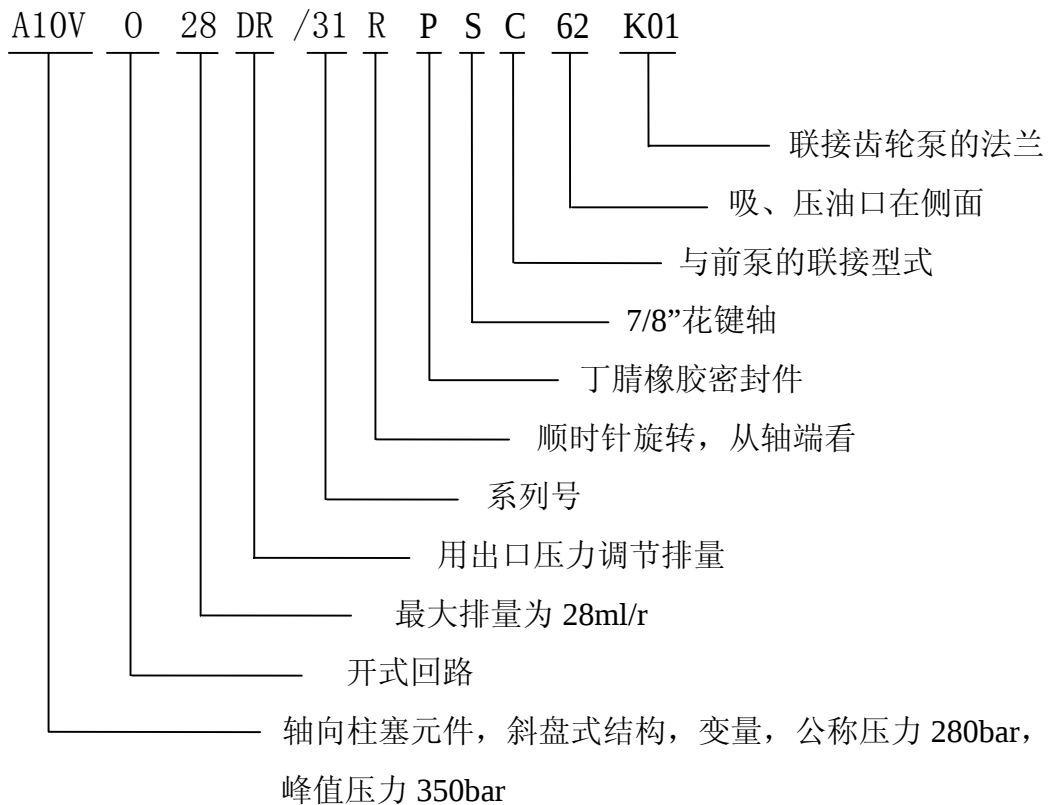
之所以控制压力在 $-6\text{bar}\sim +6\text{bar}$ 范围内存在死区，主要原因是由于伺服缸活塞杆两侧的弹簧在中位时有预压力。

（二）恒压泵

该泵主要用于向摆动油缸提供动力。

1. 恒压泵型号

恒压泵是德国力士乐的开式回路变量泵，型号及符号意义如下：



恒压泵安装位置见图 1，恒压泵外形及剖面图见图 8。

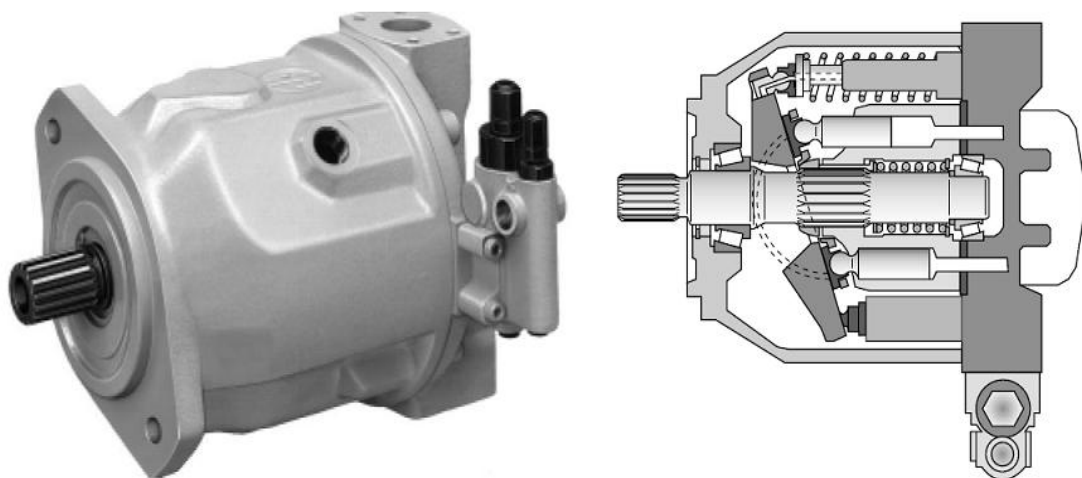


图 8 恒压泵外形及剖面图

2. 恒压泵工作原理

采用恒压泵的目的，一是为了适应摆动油缸工作压力的要求，二是为了节约能量。图 9 为恒压泵的液压原理图。

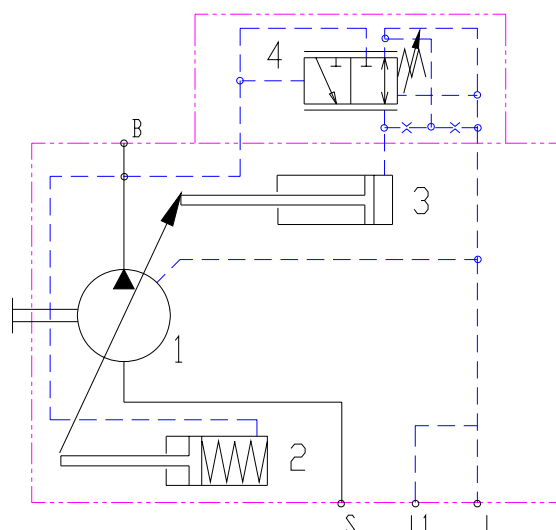


图 9 恒压泵液压原理图

1—柱塞泵 2—复位油缸 3—变量油缸 4—伺服阀

当泵出口压力低于设定压力时，斜盘在复位油缸 2 带动下以最大排量工作；当泵出口压力达到并略大于设定压力时，伺服阀 4 阀芯移动并在阀芯与阀体之间形成开口，液压油经开口流入变量油缸 3，控制活塞使斜盘倾角减小，排量减小，直至变量油缸和复位油缸的力矩平衡为止，斜盘倾角稳定在新位置上。由于复位油缸里的弹簧刚度较小，所以，泵出口压力只增加很小，就可以将液压泵的排量降为零，因此，该液压泵是由出口压力控制的恒压泵。

恒压泵的出口压力可以通过伺服阀后部的调压弹簧设定。

图 10 是恒压泵的静态特性曲线。

恒压泵压力调节范围为 20~280bar，由于泵的内部泄漏量随压力升高而增加，故曲线上部随压力升高而略向下倾斜。

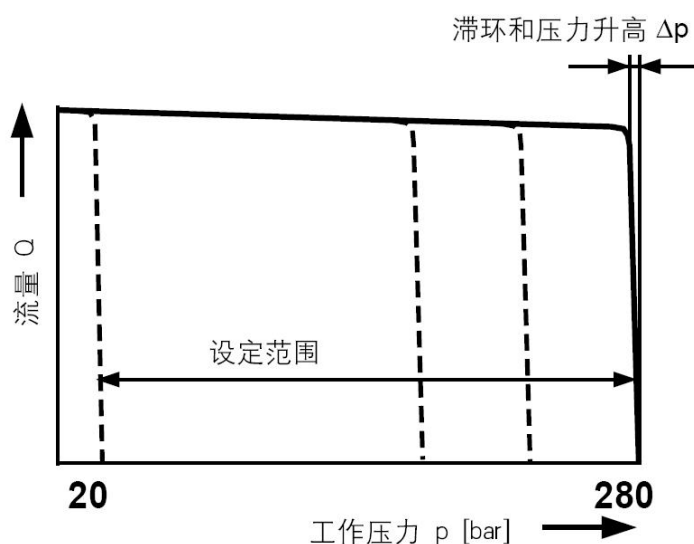


图 10 恒压泵静态特性曲线

3. 恒压泵的工作要求

(1) 液压油要求

本液压泵要求使用矿油型液压油，液压泵工作时的油液黏度推荐为 $16\sim 36\text{ mm}^2/\text{s}$ 。推荐按图 5 进行黏度选择，即当工作油温为 50°C 时，液压油的黏度应该选择 46 号。当工作油温为 60°C 时，液压油的黏度应该选择 68 号。

对液压油粘温特性限制如下：当油温较高时（最高 $+90^\circ\text{C}$ ），运动黏度平均值不得小于 $10\text{mm}^2/\text{s}$ ；当油温较低时（最低 -25°C ），运动黏度平均值不得大于 $1000\text{mm}^2/\text{s}$ 。

(2) 各油口工作压力范围：

吸油压力：绝对压力 $\geq 0.8\text{bar}$ ，也就是真空度 $\leq 0.2\text{ bar}$ 。

壳体压力：L、L1 油口为泄油口，允许泄油压力最多比吸油压力高 0.5 bar ，但绝对压力不能超过 2 bar 。

安装后，应保证总有一个泄油口朝上，这样可以排掉壳体里的空气，保证运动零件之间都有润滑油膜，防止出现烧泵现象。

（3）液压油清洁度

按 NAS 1638 标准，要达到 9 级。

按 ISO4406 标准，要达到 18/15。

4. 恒压泵的压力调节

恒压泵的压力调节阀安装位置如图 11 所示。调压时先拧下压力调节阀护帽，再旋动压力调节螺钉，直至泵出口压力达到规定要求，装好护帽，调节完毕。

在泵车上调节恒压泵设定压力之前，用摆缸憋压的方式，先将装在主阀块上的溢流阀压力调到 190bar，然后再调节恒压泵设定压力，直至压力表显示工作压力略小于 190bar 即可。

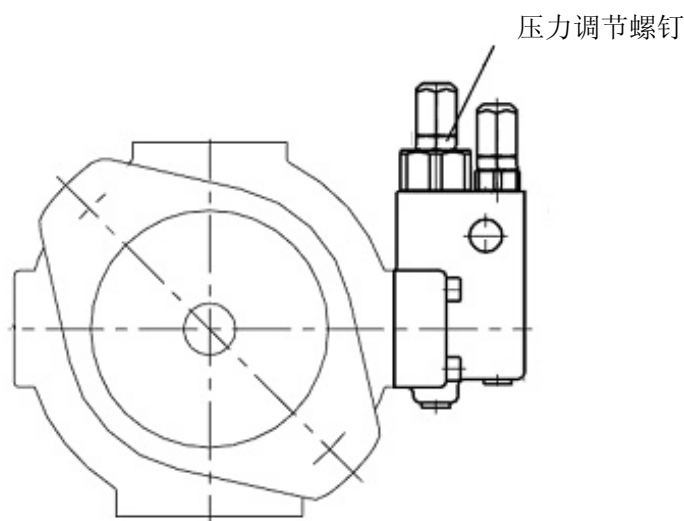


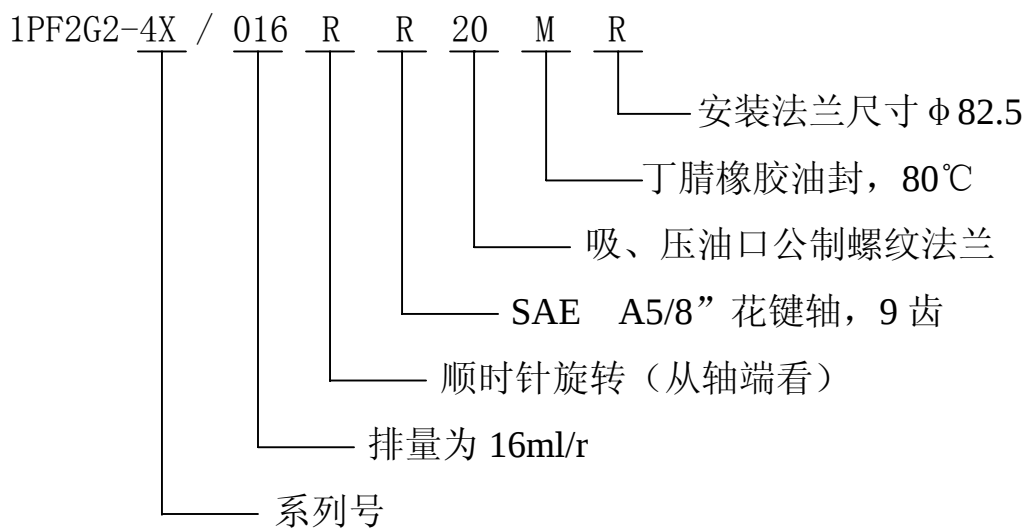
图 11 恒压泵的压力调节阀

如果不调节恒压泵设定压力，虽然回路的溢流阀会限定工作压力不会超过 190bar，但是恒压泵在任何情况总是工作在最大排量下，消耗的功率总是处于最大状态，因此达不到节能的目的。

（三）齿轮泵

泵车上的齿轮泵向搅拌马达、冷却马达和水泵马达提供动力。

1. 型号及符号意义:



结构剖面如图 12 所示。

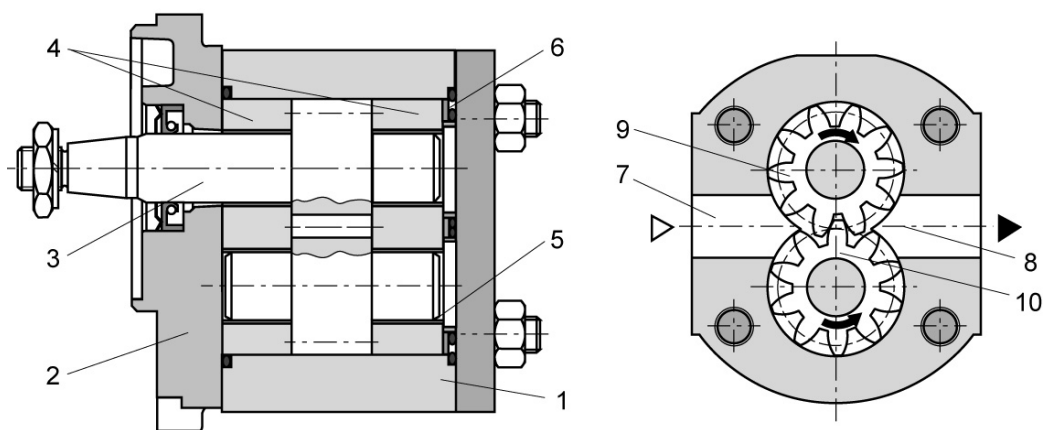


图 12 齿轮泵的结构

1—壳体 2—安装法兰 3—驱动轴 4—轴承座 5—轴套
6—侧板 7—吸油侧 8—压油侧 9—主动齿轮 10—从动齿轮

2. 齿轮泵工作原理

随着互相啮合的一对齿轮的旋转运动, 液压油被不断地从吸油口带到压油口, 齿顶与壳体之间、啮合齿之间形成密封间隙, 防止油液回流。浮动侧板可以减小内部泄漏, 卸荷槽可以消除困油现象。

3. 齿轮泵工作要求

油液温度范围: $-15\sim+80^{\circ}\text{C}$

环境温度范围：-15~+60℃

油液粘度范围：10~300mm²/s

允许启动粘度：1000 mm²/s

推荐油液清洁度等级：NAS 1638 的 9 级

旋转方向：必须按液压泵规定方向旋转。

吸油口压力：绝对压力 $\geq 0.7\text{bar}$ ，也就是真空度 $\leq 0.3\text{ bar}$ 。

最高工作压力：250bar。

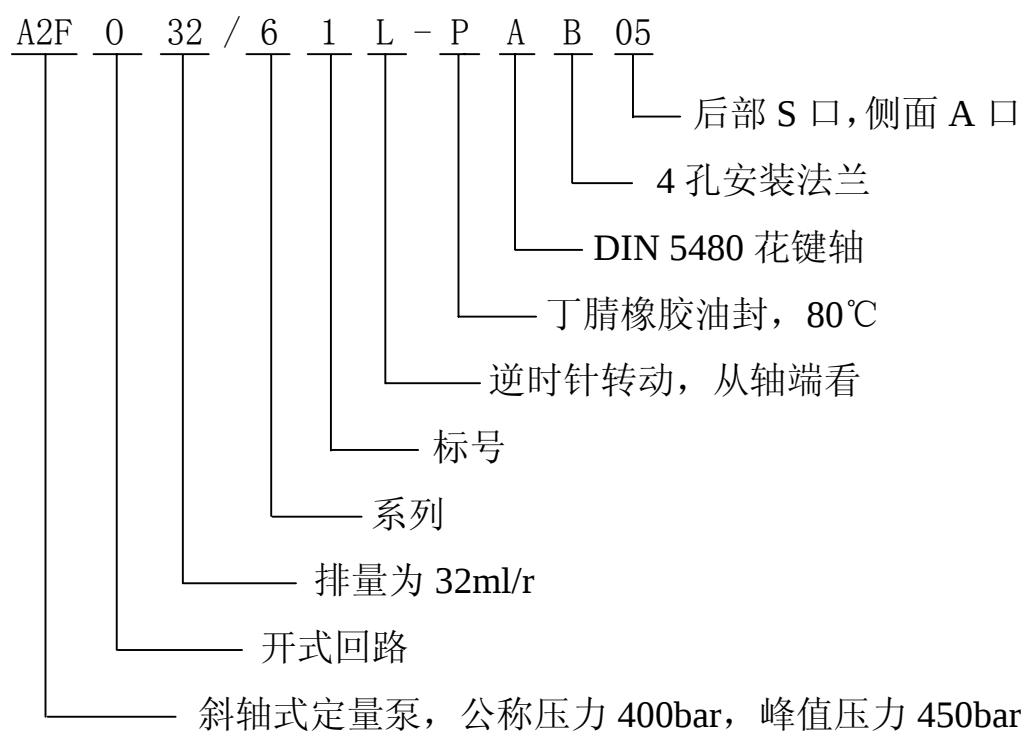
允许最高转速：3000rpm。

（四）臂架泵

臂架泵安装于分动箱前端，用于向臂架液压系统和支腿液压系统提供动力。

1. 型号及符号意义

臂架泵是德国力士乐的开式回路定量泵，型号及符号意义如下：



2. 臂架泵工作原理

臂架泵是一个斜轴柱塞泵，其外观形状见图 13，剖面结构如图 14 所示。

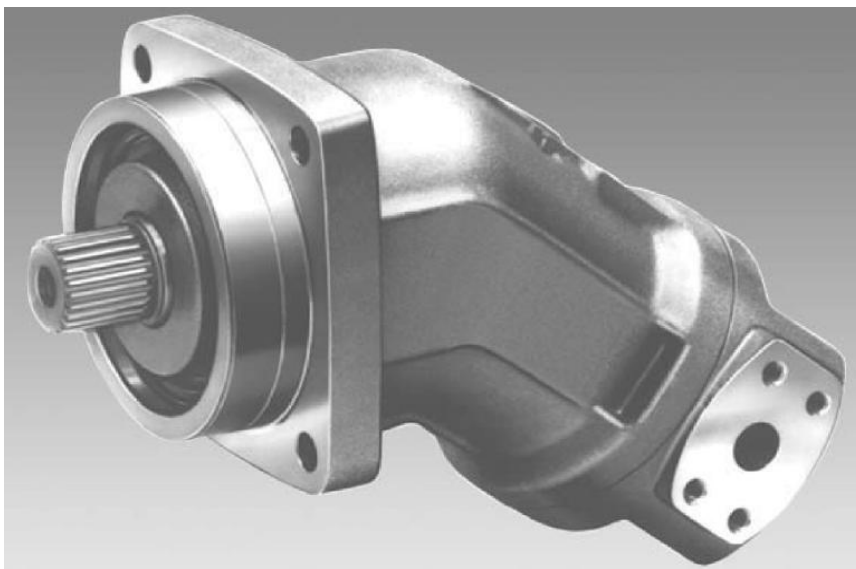


图 13 臂架泵外形图

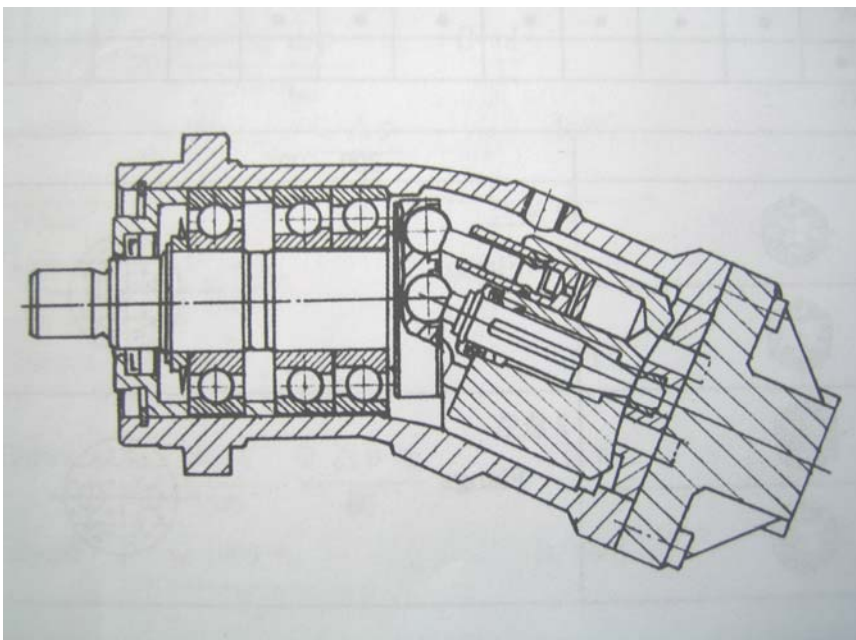


图 14 臂架泵剖面结构图

工作时传动轴带动柱塞、缸体、芯轴一同旋转，传动轴每转一周，柱塞相对缸体往复轴向运动一次。柱塞外伸时吸油，柱塞内缩时压油，吸油和压油经过配流盘的配流窗口进行分配，分别通向吸油口（接油

箱)和压油口(接执行元件)。由于传动轴和芯轴之间的夹角固定不变,所以该泵为定排量柱塞泵。

3. 臂架泵工作要求

(1) 液压油要求

要求使用矿油型液压油,液压泵工作时的油液黏度推荐为 16~36 mm^2/s 。液压泵推荐按图 5 进行黏度选择。当工作油温为 50℃时,液压油的黏度应该选择 46 号。当工作油温为 60℃时,液压油的黏度应该选择 68 号。

对粘温特性的要求,当油温较高时(如+115℃),运动黏度平均值不得小于 5 mm^2/s ;当油温较低时(如-40℃),运动黏度平均值不得大于 1600 mm^2/s 。

(2) 各油口工作压力范围:

吸油压力: 绝对压力 $\geq 0.8\text{bar}$,也就是真空度 $\leq 0.2\text{bar}$ 。

壳体压力: T1、T2 油口为泄油口,绝对压力不能超过 10 bar。

(3) 液压油清洁度

按 NAS 1638 标准,要达到 9 级。

按 ISO4406 标准,要达到 18/15。

二、液压执行元件

泵车液压执行元件有:搅拌马达、回转马达、冷却马达、水泵马达、主液压缸、摆动油缸、支腿油缸、臂架油缸。

(一) 搅拌马达

泵车上的搅拌马达是一个伊顿公司的摆线马达,由于排量大,故

可以提供较低的转速和较大的扭矩。

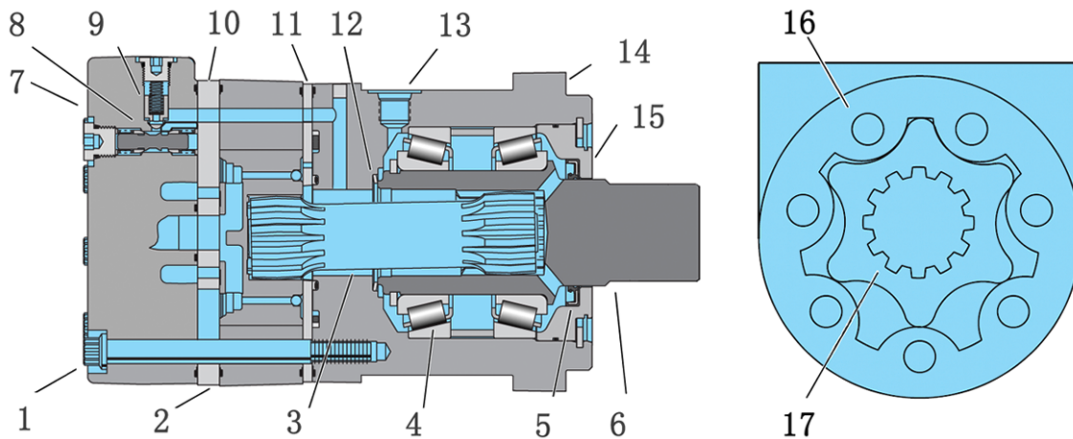


图 15 搅拌马达剖面图

- 1—螺栓 2—密封圈 3—驱动轴 4—轴承 5—轴封 6—输出轴
7—端盖 8—梭阀 9—安全阀 10—配流板 11—平衡板 12—密封圈
13—卸油口 14—安装法兰 15—支承套 16—内齿圈(定子) 17—转子

1. 马达参数

型号：J6K-985 620-2107。

结构形式：端面配流式摆线马达。

排量：985ml/r。

额定工作压力：31MPa。

泄漏油口最高压力：0.6MPa。

额定转速：153rpm。

额定扭矩：1686Nm。

安装法兰：方形，止口 $\Phi 127$ 。

轴伸形式：花键。

进出油口：英制螺纹，进出油口 G1”，泄油口 G1/4”。

旋转方向：双向。

2. 工作原理

转子在定子内每公转一圈，转子本身便自转过一个齿，如果转子有 z 个齿，便需要公转 z 圈，转子才能转一圈。转子通过驱动轴带动输出轴转动，向负载提供运动和动力。

如果齿轮泵转速为 2500rpm，排量为 16ml/r，齿轮泵和马达容积效率均取 0.86，则搅拌马达转速为：

$$n=2500 \times 16 \times 0.86 \times 0.86 / 985 = 30 \text{ rpm}$$

3. 工作要求

油液温度范围：-25~+80℃

环境温度范围：-25~+60℃

油液粘度范围：10~300mm²/s

允许启动粘度：1000 mm²/s

推荐油液清洁度等级：NAS 1638 的 9 级

（二）回转马达

1. 马达参数

型号：DANFOSS OMR 160

结构形式：轴配流式摆线马达。

排量：160ml/r。

额定工作压力：20MPa。

泄漏油口最高压力：0.6MPa。

额定转速：480rpm。

额定扭矩：455Nm。

轴伸形式：花键。

进出油口：英制螺纹，进出油口 G1/2”，泄油口 G1/4”。

旋转方向：双向。

2. 工作原理（同搅拌马达）

3. 工作要求（同搅拌马达）

（三）冷却马达

1. 马达参数

型号：GM5-25-AFE13S-20。

结构形式：外啮合齿轮马达。

排量：25ml/r。

额定工作压力：16MPa。

泄漏油口最高压力：0.6MPa。

额定转速：2800rpm。

安装法兰：菱形，止口 $\phi 82.5$

传动轴支承：带前轴承。

轴伸形式：平键圆柱轴伸。

进出油口：公制螺纹。

旋向：双向。



图 16 冷却马达外形图

2. 工作原理

高压油到达马达进口后，在啮合点附近，使两个齿轮产生图示旋转方向的力矩，如果齿高为 h ，齿宽为 b ，节圆直径为 D ，进口压力为 p ，出口压力忽略不计，则马达两齿轮输出扭矩之和约为： $N = pbhD$ 。

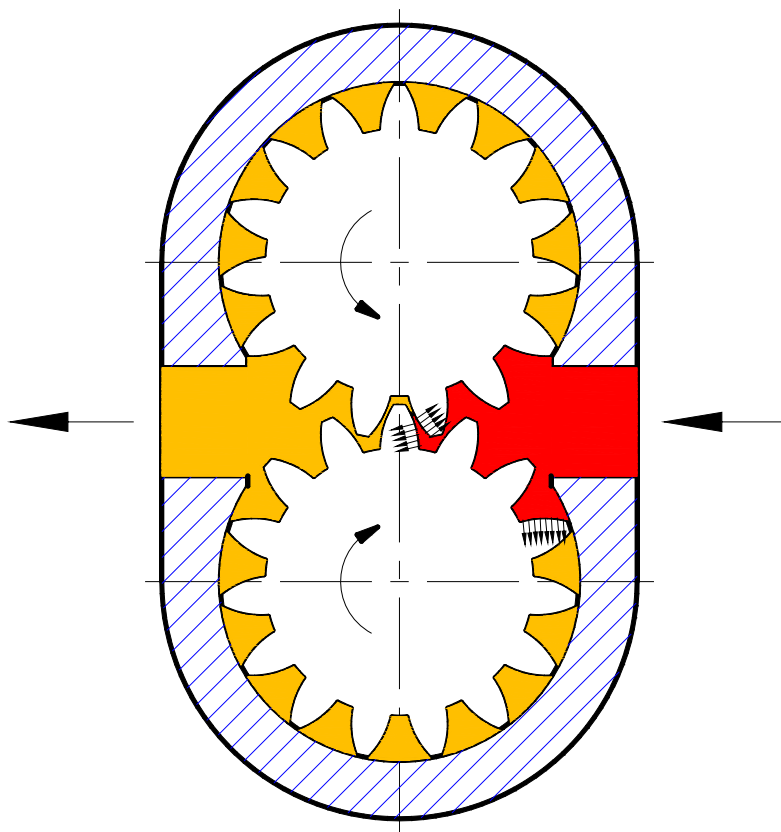


图 17 齿轮马达工作原理

齿轮马达具有体积小，重量轻，结构简单，工艺性好，对污染不敏感，耐冲击，惯性小等优点。

3. 工作要求

油液温度范围：-25~+80℃

环境温度范围：-25~+60℃

油液粘度范围：10~300mm²/s

允许启动粘度：1000 mm²/s

推荐油液清洁度等级：NAS 1638 的 9 级

（四）水泵马达

1. 马达参数

型号：CMF-E540-AFPS

结构形式：外啮合齿轮马达。

排量：40ml/r。

额定工作压力：16MPa。

泄漏油口最高压力：0.6MPa。

额定转速：2000rpm。

2. 工作原理（同冷却马达）

4. 工作要求（同冷却马达）

（五）主油缸

主油缸的作用是将料斗中的混凝土泵送到输送管中，并提供足够的混凝土出口压力，使混凝土可以到达指定的位置。

1. 主油缸结构

为了连续泵送混凝土，主油缸总是成对使用，其结构如图 18 所示。

每个主油缸由两部分组成：大油缸和小油缸。在油缸外部还接有缓冲管、单向阀、节流阀等。

主要参数：

活塞杆直径 80mm，缸筒内径 140mm，工作行程 2000mm，额定工作压力 32MPa。

2. 工作原理

主油泵的压力油进入上侧主油缸有杆腔，活塞杆后退并带动砵活塞将料斗的混凝土吸入输送缸。上侧主油缸无杆腔出油通过连通管进入下侧主油缸无杆腔，推动下侧主油缸活塞杆伸出，将已吸入下侧输送缸的混凝土推入输送管中。

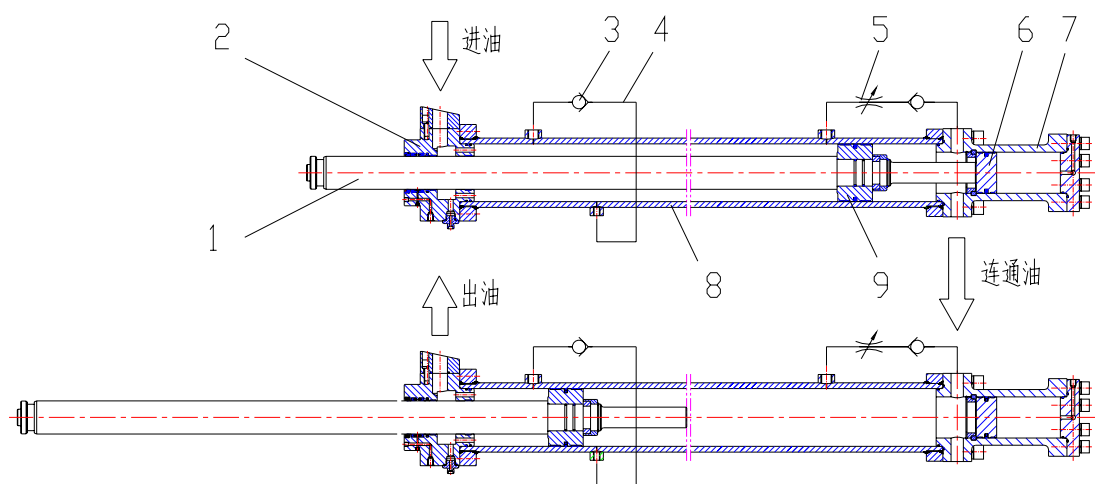


图 18 主油缸的结构

- 1—活塞杆 2—导向套 3—单向阀 4—缓冲管
5—节流阀 6—小活塞 7—小缸筒 8—大缸筒 9—大活塞

当上侧主油缸活塞刚刚越过节流孔时，活塞两侧的液压油通过缓冲管沟通，活塞杆运动速度下降，这时如果活塞杆反向运动，也不会引起过大的压力冲击，所以缓冲管起到缓和活塞杆到位时压力冲击的作用。

假如上侧主油缸活塞刚越过节流孔时，下侧主油缸活塞还没越过前端节流孔，则上侧有杆腔液压油通过缓冲管流入无杆腔，经连通管进入下侧无杆腔，下侧活塞可以不减速地越过前端节流孔，所以缓冲管具有调节两缸同步的作用。

每个缓冲管通道上还设置了单向阀，使得活塞只用在行程末端有缓冲作用，而在行程起始段不要有缓冲作用，这样可以保证活塞杆换向时启动推力不受影响。

正常工作时，小油缸控制腔里充满油液，小活塞总是处于最靠近大油缸的位置，当大油缸活塞杆收缩到底时，如果换向控制不起作用，小活塞将阻挡大活塞进一步后退，可以防止正常泵送时砵活塞被意外

拉出输送缸。

在需要检修砵活塞时，小油缸控制腔里的油液卸荷，同时关闭节流阀，则在点动泵送主油缸的情况下，大油缸可以继续回退到底，并将砵活塞拉出，以方便维修。

在正常泵送状态时，节流阀要有一定的开口量，防止完全截止失去缓冲和同步补偿作用。

（六）摆动油缸

摆动油缸是一个柱塞缸，在泵车上成对使用，一个柱塞的伸出，带动 S 管阀摆动，同时推动另一个柱塞复位。

1. 摆动油缸结构

其结构比较简单，只有缸筒总成、柱塞和密封组件，如图 19 所示。

主要参数：

柱塞直径 80mm，工作行程 200mm，额定工作压力 32MPa。

2. 缓冲工作原理

在柱塞压缩行程最后 40mm，缓冲结构开始发生作用。a 腔的液压

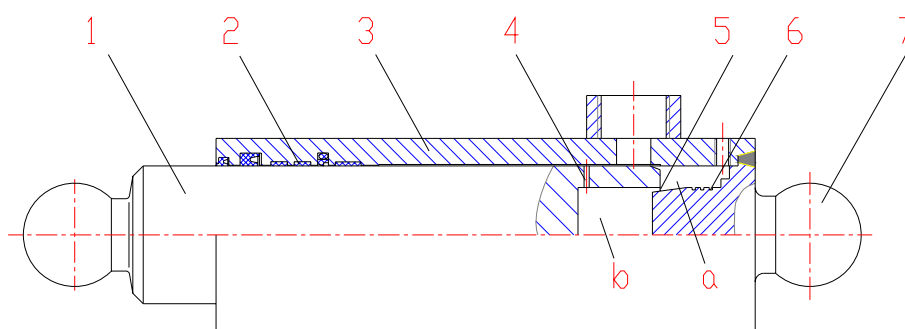


图 19 摆动油缸的结构

1—柱塞 2—密封组件 3—缸筒 4—阻尼孔 5—环形间隙 6—均压槽 7—球铰接头

油不再直接流向出油口，而是通过环形间隙 5 流到 b 腔，b 腔的液压油

再经阻尼孔 4 流向出油口。由于环形间隙和阻尼孔限制了油液的流速，造成柱塞底部油压升高，柱塞回程阻力加大，随着环形间隙越来越小，阻力越来越大，最终使柱塞停止下来，这就是缓冲工作原理。由于任何一个油缸回缩行程末段也是另一个油缸伸出行程末段，所以在柱塞行程的两端均有缓冲效果。

（七）支腿油缸

支腿油缸部分的油缸有垂直油缸、展开油缸、伸缩油缸。

垂直油缸的作用是支起和放下泵车。展开油缸的作用是展开和收回支腿。伸缩油缸的作用是伸缩前支腿。

1. 油缸结构

由于支腿各油缸结构类似，这里仅以垂直油缸为例进行说明。结构见图 20。

2. 工作原理

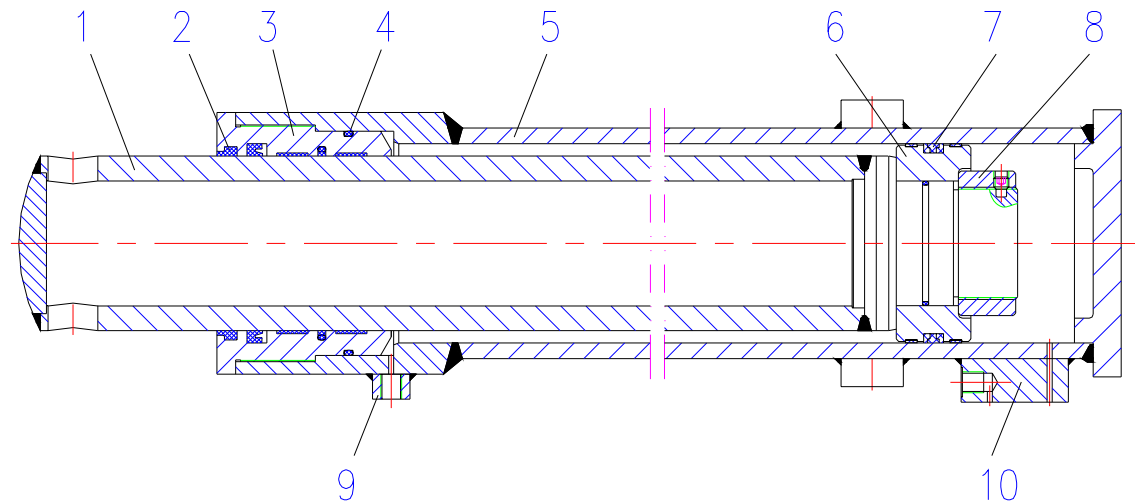


图 20 垂直油缸的结构

- 1—活塞杆 2—密封组件 3—导向套 4—O 型圈 5—缸筒
6—活塞 7—密封组件 8—螺母 9—油口 10—平衡阀安装座

设无杆腔压力为 p_1 ，有杆腔背压为 p_2 ，缸筒内径为 D ，活塞杆直径为 d ，则有杆推力为

$$F = [D^2 p_1 - (D^2 - d^2) p_2] \pi / 4$$

如果 $p_1=200\text{bar}$ ， $p_2=5\text{bar}$ ， $D=160\text{mm}$ ， $d=140\text{mm}$ ，经计算，推力约为 40 吨。

每台泵车的重量由四支垂直油缸支撑，所以每个油缸的推力是足够的。

3. 使用要求

①通过反复全行程运动，可靠排除空气，防止支撑不稳。

②保证密封组件的密封效果，防止内外泄漏。外泄漏会造成行驶中活塞杆下沉，内泄漏会造成推力不足和车体倾斜。

③尽量垂直使用，支撑板也要尽量水平，防止侧向力过大引起磨损和泄露。

（八）臂架油缸

臂架油缸也叫变幅油缸，37 米泵车每节臂各有一个变幅油缸，45 米泵车第一臂有两个变幅油缸，其余各臂各有一个变幅油缸。由于各节臂架油缸的负载和行程不同，所以各个油缸的尺寸不同。

变幅油缸的作用是改变相邻两臂之间的角度，使整个臂架带动出料口到达作业范围内指定位置。

1. 油缸结构

各变幅油缸结构类似，这里仅以 37 米第一臂为例进行说明。结构见图 21。

2. 工作原理

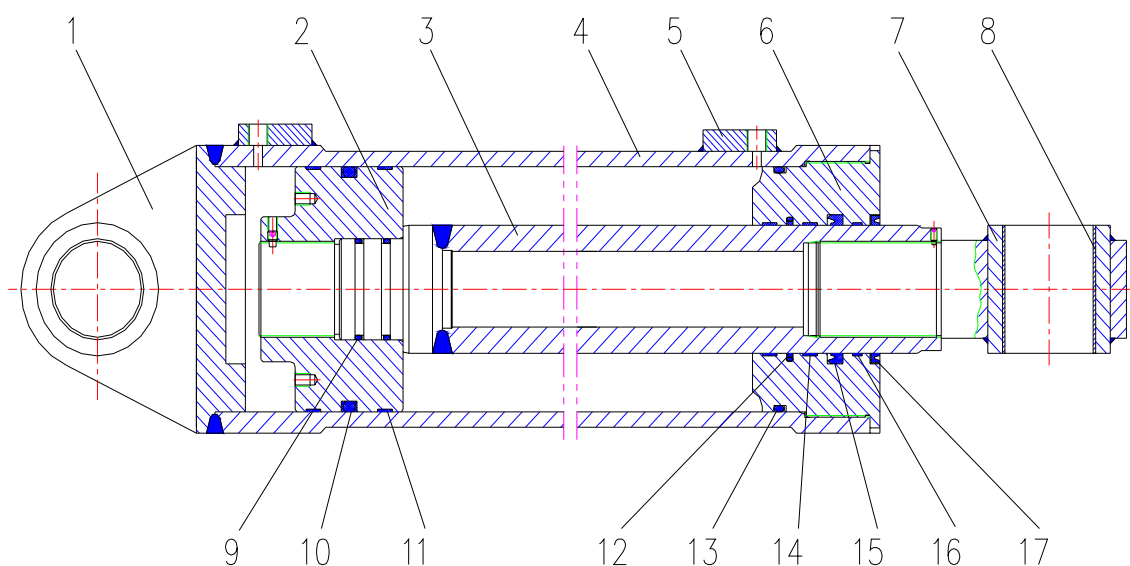


图 20 变幅油缸的结构

1—缸底 2—活塞 3—活塞杆 4—缸筒 5—平衡阀安装座 6—导向套
7—活塞杆头 8—衬套 9—O 型圈 10—密封圈 11—耐磨环 12—斯特封
13—O 型圈 14—耐磨环 15—密封圈 16—导向套 17—防尘圈

推力计算公式同垂直油缸一样，如果 $p_1=330\text{bar}$ ， $p_2=50\text{bar}$ ， $D=230\text{mm}$ ， $d=120\text{mm}$ ，经计算，推力约为 30.5 吨。

3. 使用要求

- ①通过反复全行程运动，可靠排除空气，防止支撑不稳。
- ②保证密封组件的密封效果，防止内外泄漏。内外泄漏会造成推力不足和臂架下沉。
- ③防止承受侧向力，以免加速磨损，引起泄露。

三、液压控制元件

液压控制元件按功能分类有：方向控制阀、压力控制阀、流量控制阀。

（一）方向控制阀

1. 手动换向阀：DG17V4-018N-10

用于切换搅拌回路和供水回路工作，或中位卸荷。

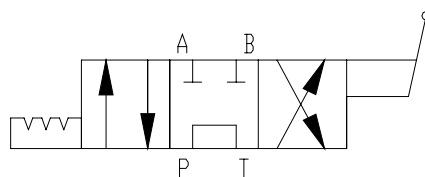


图 21 手动换向阀外形及功能符号

滑阀机能：**M** 型。**M** 型机能可中位卸荷。

2. 电磁阀：DG4V-5-2ALJ-M-U-H6-20

用于控制搅拌马达正反转。

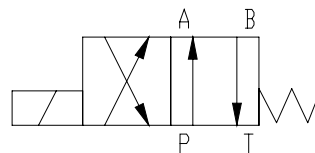


图 22 电磁阀外形及功能符号

3. 电磁阀：4WE6J6X/EG24N9K4

该阀用于控制主油泵进出油方向切换。

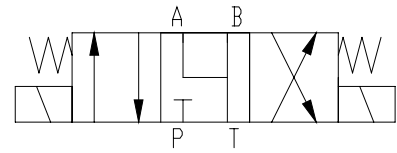
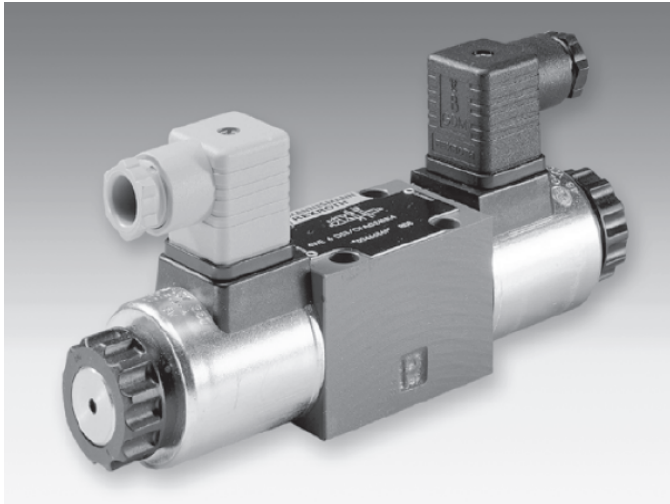


图 23 电磁阀外形及功能符号

滑阀机能：Y 型。

工作原理：两个电磁铁不得电时，阀芯居中，P 口截止，A、B 口通油箱。当电磁铁 a 得电时，左推杆 5 右移，推动阀芯右移，P、B 沟通，A、T 沟通。当电磁铁 b 得电时，右推杆 5 左移，推动阀芯左移，P、A 沟通，B、T 沟通。

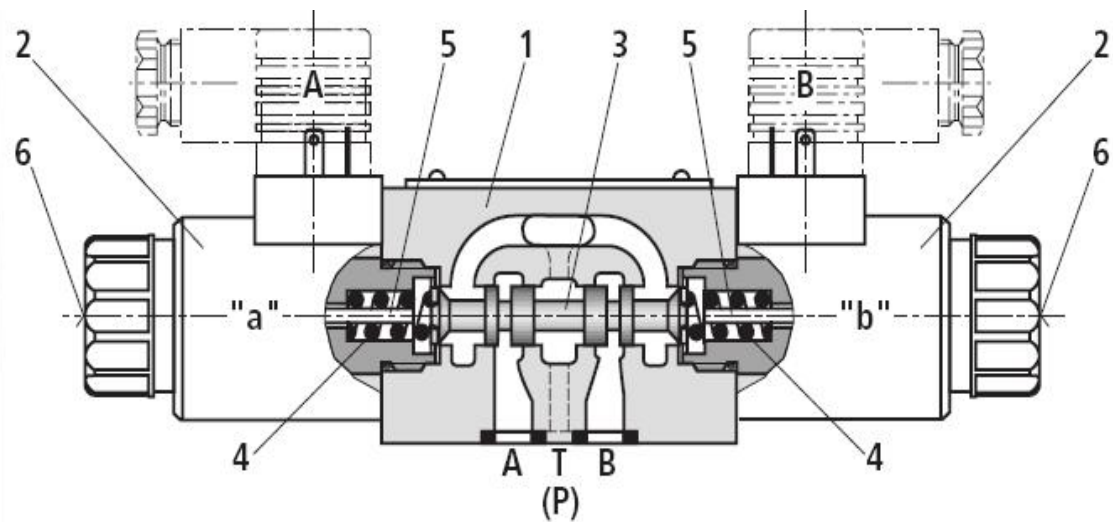


图 24 电磁阀剖面图

1—阀体 2—电磁铁 3—阀芯 4—复位弹簧 5—推杆 6—应急操作孔

4. 电磁球阀：M2SEW6P3X/420MG24N9K4

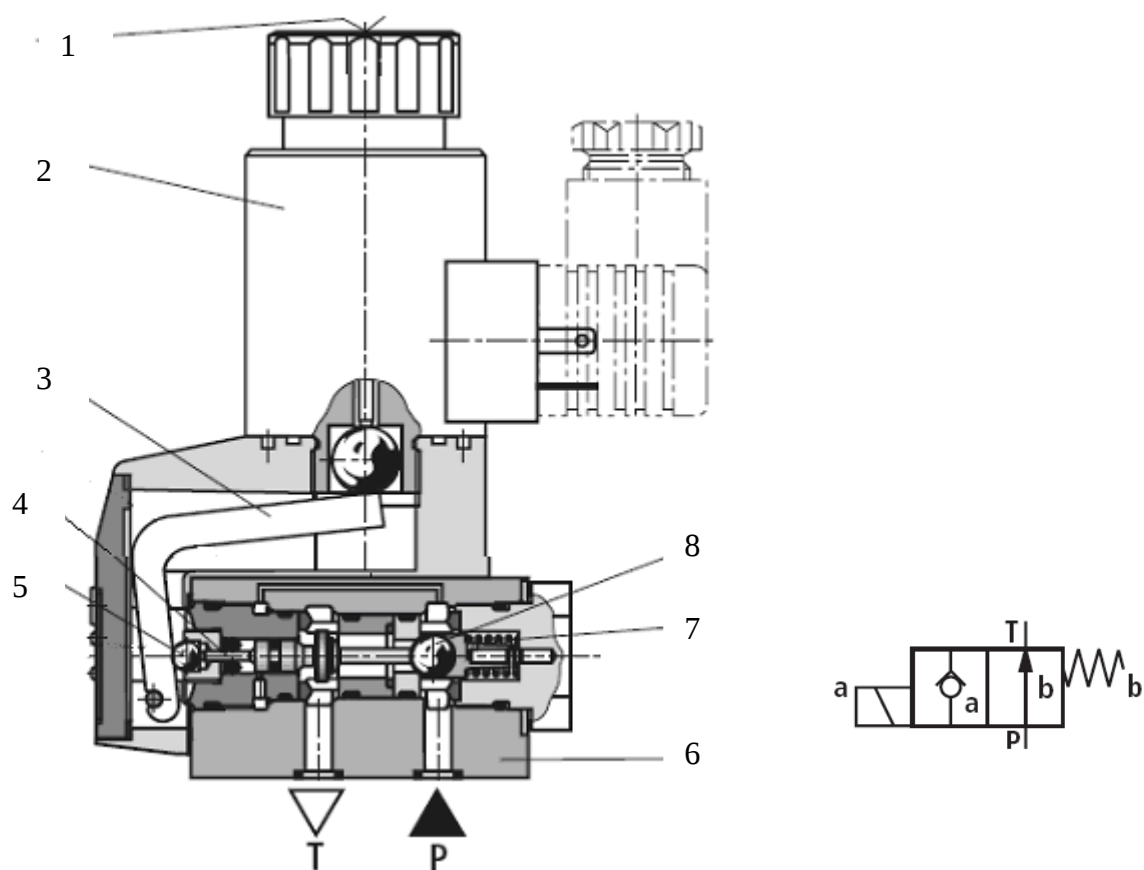


图 25 电磁球阀及功能符号

1—应急操作孔 2—电磁铁 3—杠杆 4—推杆 5—钢球 6—阀体 7—弹簧 8—钢球

工作原理：当电磁铁不得电时，钢球 8 被弹簧 7 压在阀座上，P、T 口之间截止。当电磁铁得电时，杠杆 3 绕支点顺时针转动，经钢球 5 推动推杆 4 右移，钢球 8 离开阀座。P、T 口之间导通。

5. 电液换向阀：4WEH16E7X/6EG24N9ETK4

工作原理：当液压阀通径达到一定程度时，液动力相应增大，所以大通径液压阀一般采用先导控制。即利用先导阀的出油作用于主阀芯两侧，驱动主阀芯运动，控制主油路换向。

本电液阀的先导阀是一个 6 通径的三位四通电磁阀，其控制油和排油分别连接主油路的 P 口和 T 口，因此这是一个内控内排型电液换向阀。

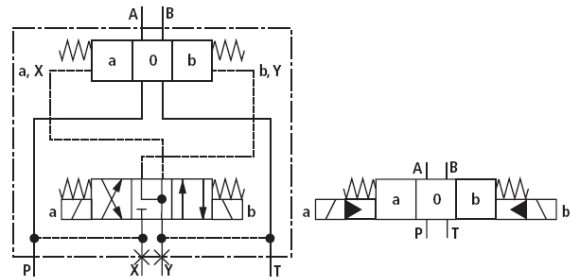
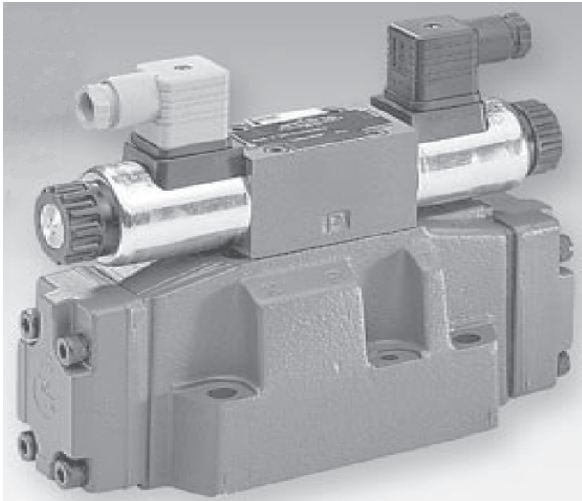


图 26 电液阀外形及功能符号

先导阀上带有应急操纵孔。

6. 梭阀：RS417

功能：将 A 口和 C 口中压力较高的液压油通向 B 口。

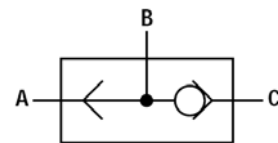
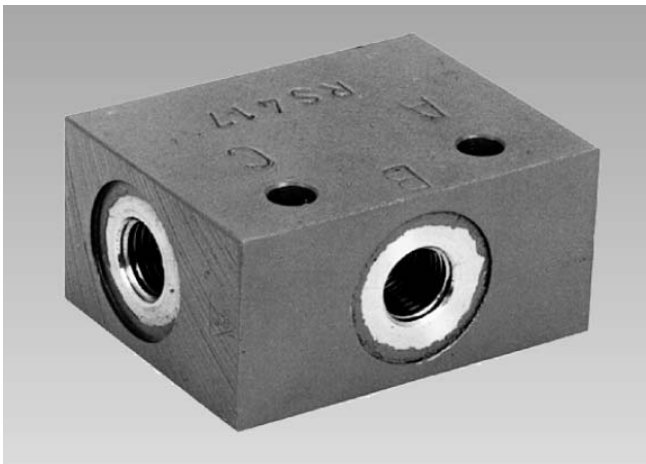


图 27 梭阀外形和功能符号

7. 冷却器开启阀：HF21090-02

工作原理：

当电磁球阀处于常态位时（电磁铁不得电），液压油由 2 口进入，从 3 口或 4 口流出，两油口流出的液流流量比，与 3 口和 4 口所联的负载大小有关。如果 3 口负载大，油液将从 4 口流出；反之从 3 口流出。

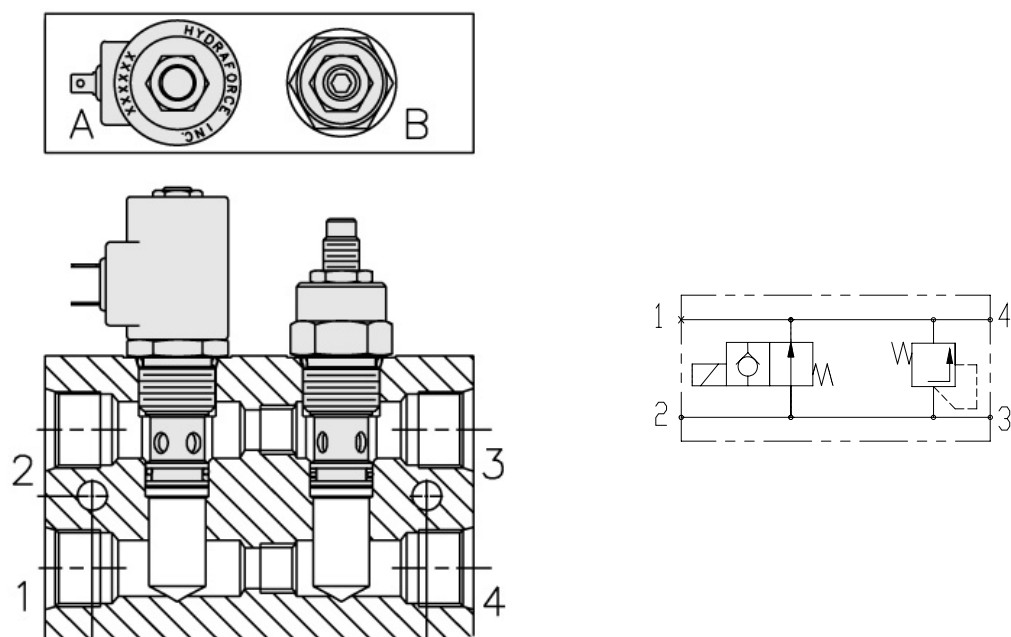


图 28 冷却器开启阀和功能符号

当电磁铁得电时，液压油只能从 3 口流出，如果 3 口工作压力超过安全阀设定压力，液压油将从 4 口溢流。

8. 回油背压阀：05211600030200A

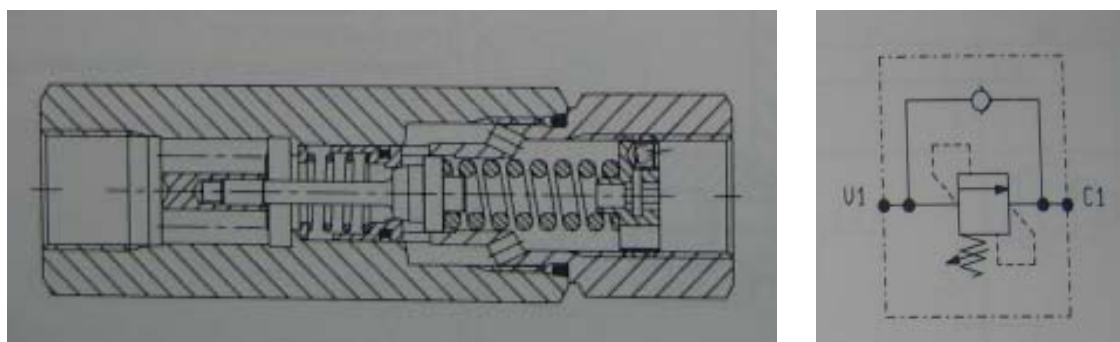


图 29 回油背压阀剖面和功能符号

工作原理：当液压油从 V1 口进入阀时，油压必须达到弹簧设定值，才能流向 C1 口，而当 V1 口压力低于 C1 口时，C1 口可以通过单向阀向 V1 口补油。该阀接在臂架液压系统的回油路上，用于提供回油背压。

9. 双向液压锁：BP2/710

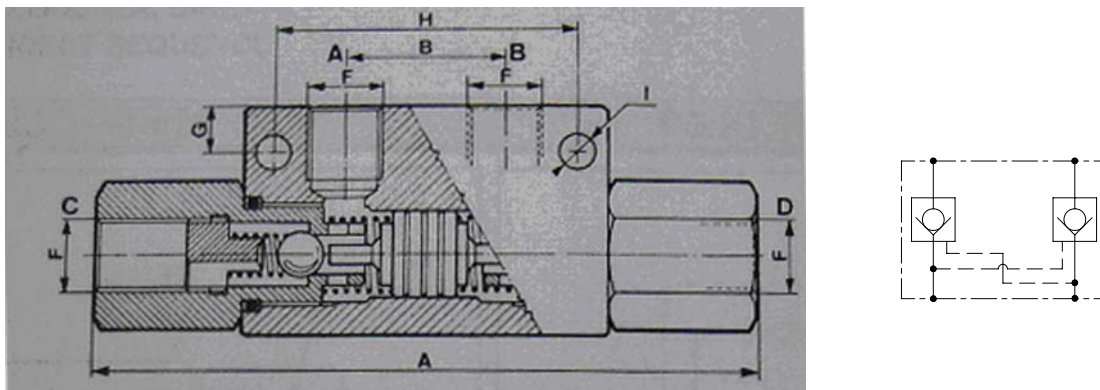


图 30 双向液压锁和功能符号

工作原理：当 A 口进油时，液压油通过单向阀进入 C 口，同时油压作用于控制活塞，活塞向右移动，顶开右侧单向阀，使得 D 口回油可以通向 B 口。当 A 口和 B 口均无油压时，控制活塞居于中位，两侧单向阀均关闭，可防止执行元件中的油液流出，起到锁止执行元件的目的。

10. 冲洗阀：503.25.10.01

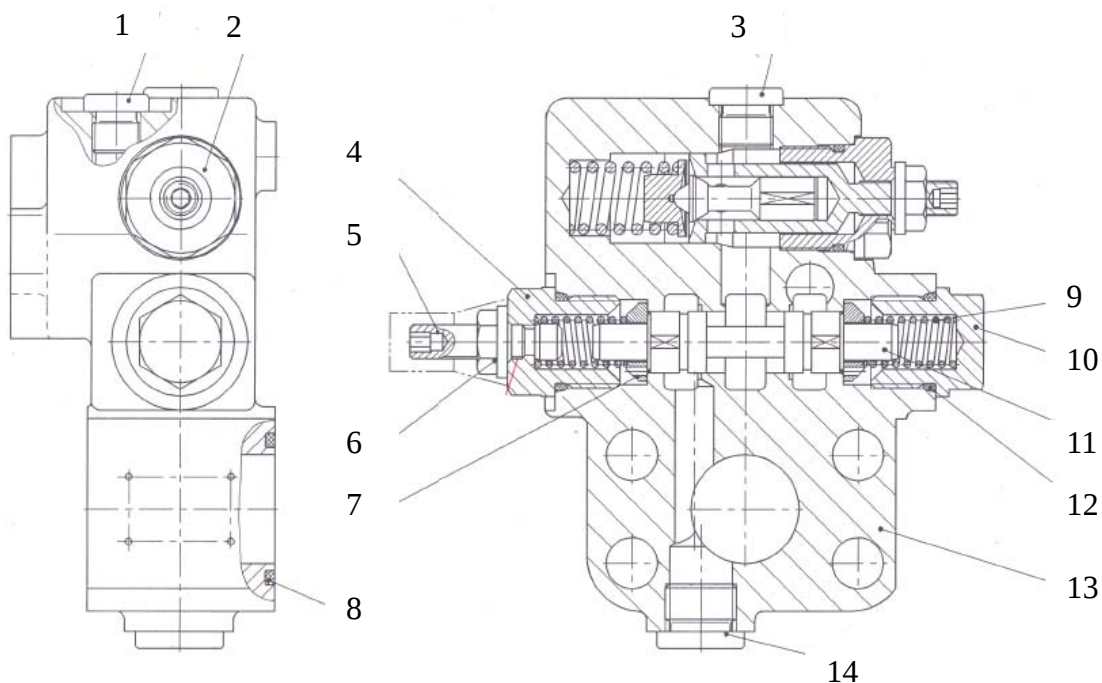


图 31 冲洗阀构造

1—堵 2—溢流阀 3—堵 4—限位套 5—调整螺杆 6—锁紧螺母 7—定位套
8—密封圈 9—弹簧 10—限位套 11—阀芯 12—密封圈 13—阀体 14—堵

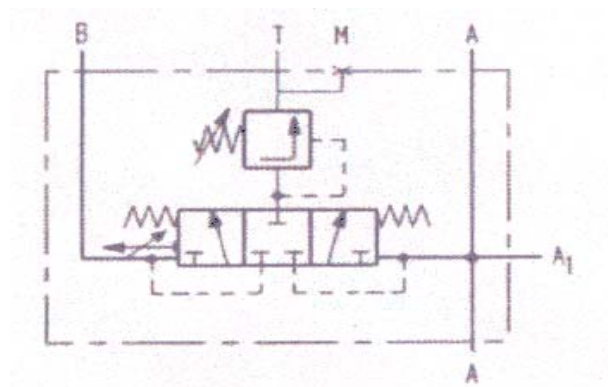


图 32 冲洗阀功能符号

工作原理：这是一个液动换向阀，当 A 口压力较高时，阀芯右位工作，B 口低压油经阀芯流向溢流阀，当 B 口压力超过溢流阀设定压力时，溢流阀溢流，油液流向 T 口。当 B 口压力较高时的，A 口液压油通过溢流阀向 T 口。

该阀接于闭式回路，用于按一定比例导出闭式回路的热油。

通过调节溢流阀的调节螺杆，可以设定低压侧的溢流压力。

11. 支腿多路阀：HC-D10/5-37338-D\ HC-D10/5-37338-C

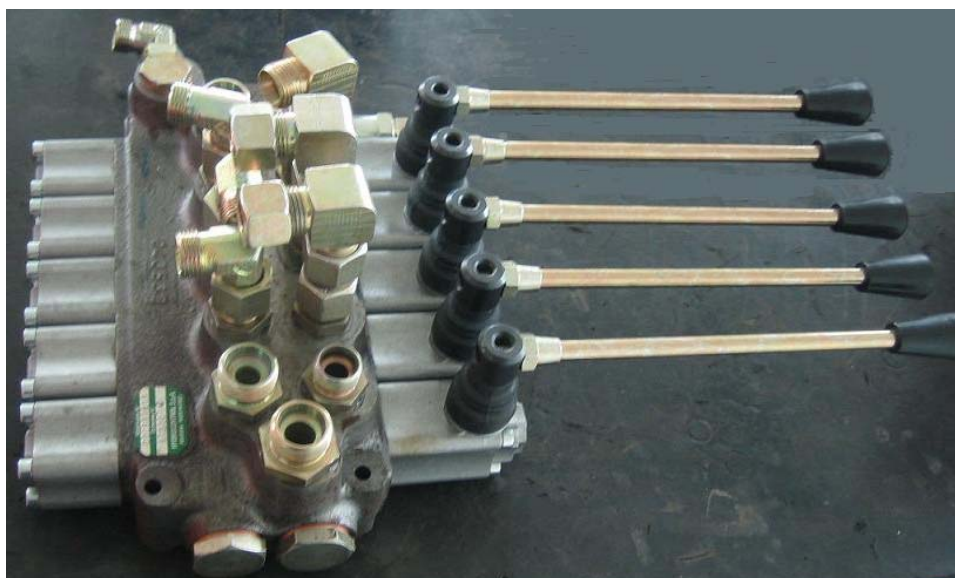


图 33 支腿多路阀

功能：每一路换向阀可以控制一个执行元件的动作，五个换向阀可以任意几个同时动作，但总是负载轻的执行元件先动作。

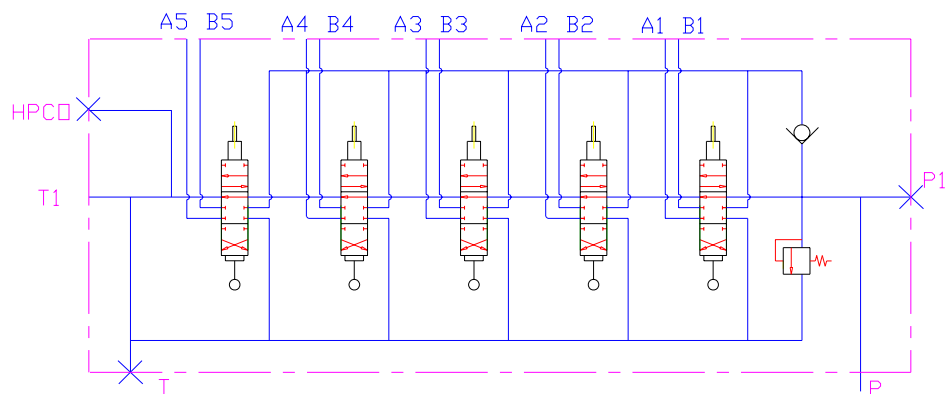


图 34 支腿多路阀原理图。

12. 比例多路阀：PSL4H1F/330-3

功能：每一路换向阀可以控制一个执行元件的动作，六个换向阀可以任意几个同时动作，由于内部油路的保证，几个负载不同的执行元件可以同时动作。

原理图可参见臂架液压系统原理图。

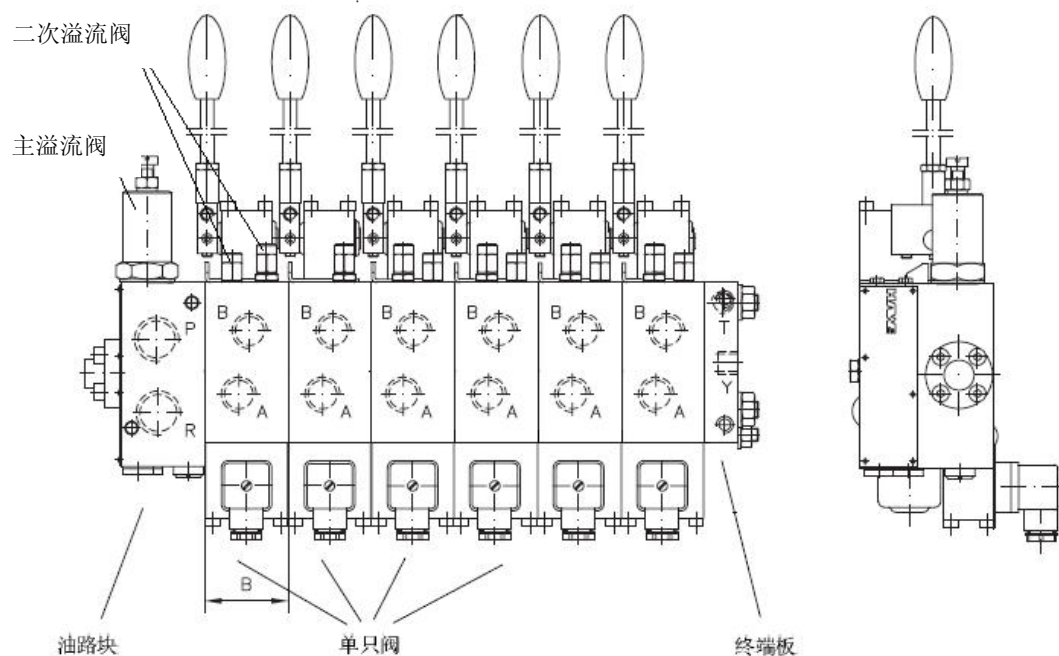


图 35 比例多路阀

主溢流阀用于设定进入各路换向阀的油液最高压力（一般设为

330bar)，二次溢流阀用于针对每个执行元件的工况进行进一步的压力设定（ $\leq 330\text{bar}$ ）。

各路换向阀出油口的流量，与该路电磁阀控制电流成正比，因此执行元件的工作速度也就与控制电流成正比。

该多路阀也可用操纵手柄控制液流方向和流量。

（二）压力控制阀

1. 溢流阀 DB10-1-5X/315

工作原理：P 口进油压力作用在主阀芯 3 上，同时通过节流口 4、5 及控制通路 10、6、7 作用在主阀芯弹簧加载侧，也通过节流孔 11 作用到先导阀芯的钢球 8 上。如果 P 口压力超过弹簧 9 的设定值，则钢球 8 克服弹簧力，使先导阀开启，这时，主阀芯弹簧加载侧与弹簧

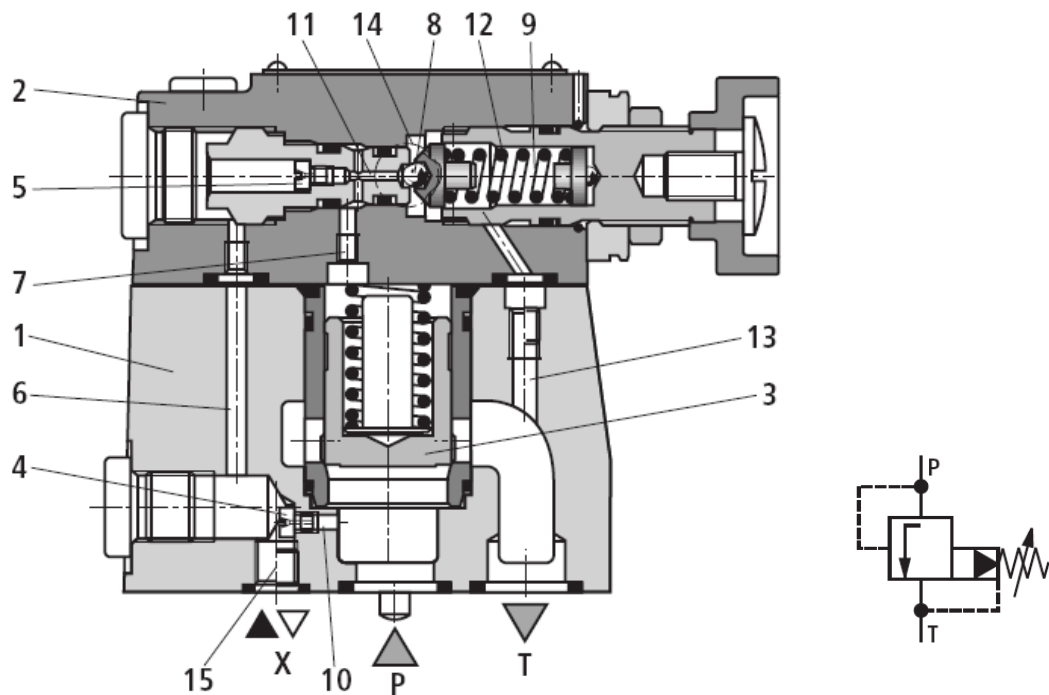


图 36 先导式溢流阀及功能符号

1—主阀体 2—先导阀体 3—主阀芯 4, 5, 11—节流孔 6, 7, 10, 13, 14—控制通路
8—钢球 9—弹簧 12—弹簧腔 14—弹簧 15—控制口 P—进油口 T—回油口

腔 12 沟通。由于 P 口压力油通过节流孔 4、5 流向弹簧腔 12，进而通过油道 13 流向 T 口，所以在主阀芯两侧产生压力差，主阀芯被 P 口油液顶起，P 口油液有一部分溢流到 T 口，而 P 口压力保持不变。

通过旋转手轮，可以调节溢流压力的大小。

2. 溢流阀 DGMC2-5-AT-FW-BT-FW-B-30



图 37 叠加溢流阀及功能符号

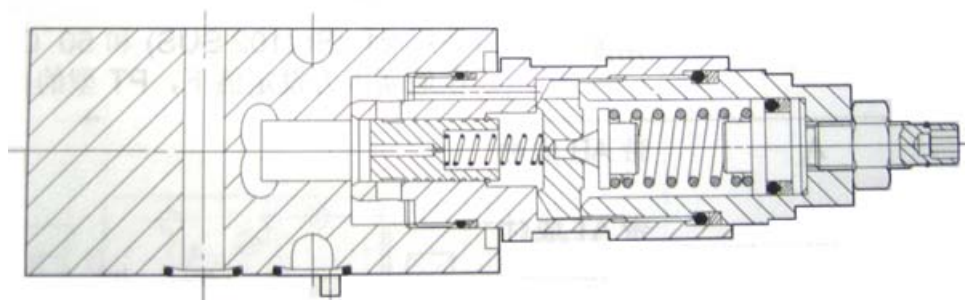


图 38 叠加溢流阀剖面图

工作原理：A口压力经主阀芯中心的阻尼孔、弹簧腔，作用到锥阀芯上。当A口压力低于弹簧设定压力时，锥阀芯、主阀芯不动作。当A口压力高于弹簧设定压力时，锥阀芯开启，主阀芯两侧产生压降，主阀芯开启，部分液压油溢流到 T_A 口，保持A口压力不变。

B 口溢流工作原理同 A 口完全一样。

调节两侧螺杆，可以设定溢流压力。

3. 减压阀 ZDR6DP1-4X/25YM

工作原理：在常态位，该阀常开，液压油可自由地从 A1 口流向 A2

口，A2 口压力作用于阀芯 2 右侧。当 A2 口压力达到弹簧设定压力时，阀芯 2 左移，关小节流口，使 A2 口压力保持恒定。如果 A2 口压力继续升高，阀芯 2 继续左移，使 A2 口油液通过台肩 9 与 T 口相通，部分油液流回油箱，防止 A2 口压力继续升高。

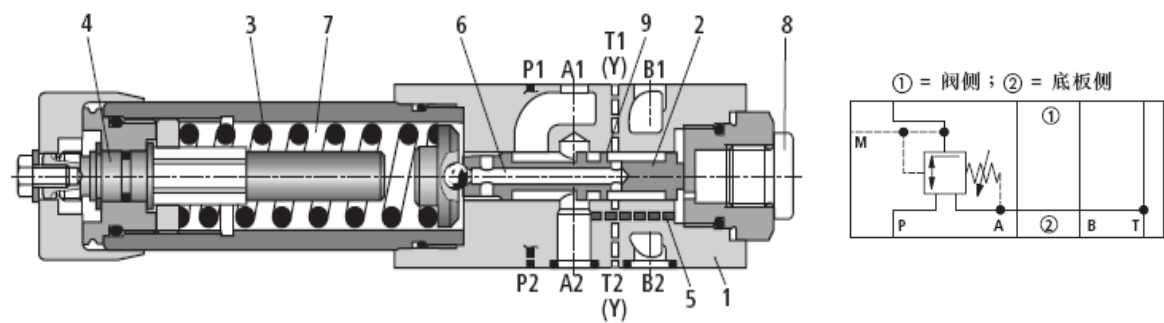


图 39 直动式减压阀

1—阀体 2—控制阀芯 3—弹簧 4—调节装置 5—控制油路
6—流道 7—弹簧腔 8—测压口 9—台肩

4. 比例减压阀 DRE4K-3X/18G24-10NK4M

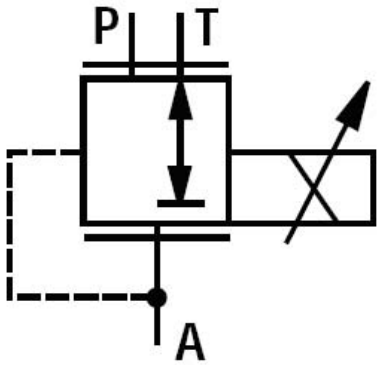


图 40 比例减压阀

功能：使 A 口二次压力的大小与电磁铁的工作电流成正比。

从图上看，该阀在控制电流的 20% 以内存在死区，在电流增大和减小两个方向存在滞环。

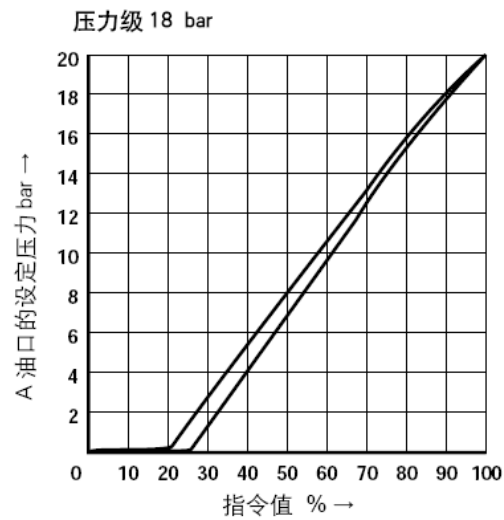


图 41 比例减压阀特性曲线

5. 支腿平衡阀 08441103023500A

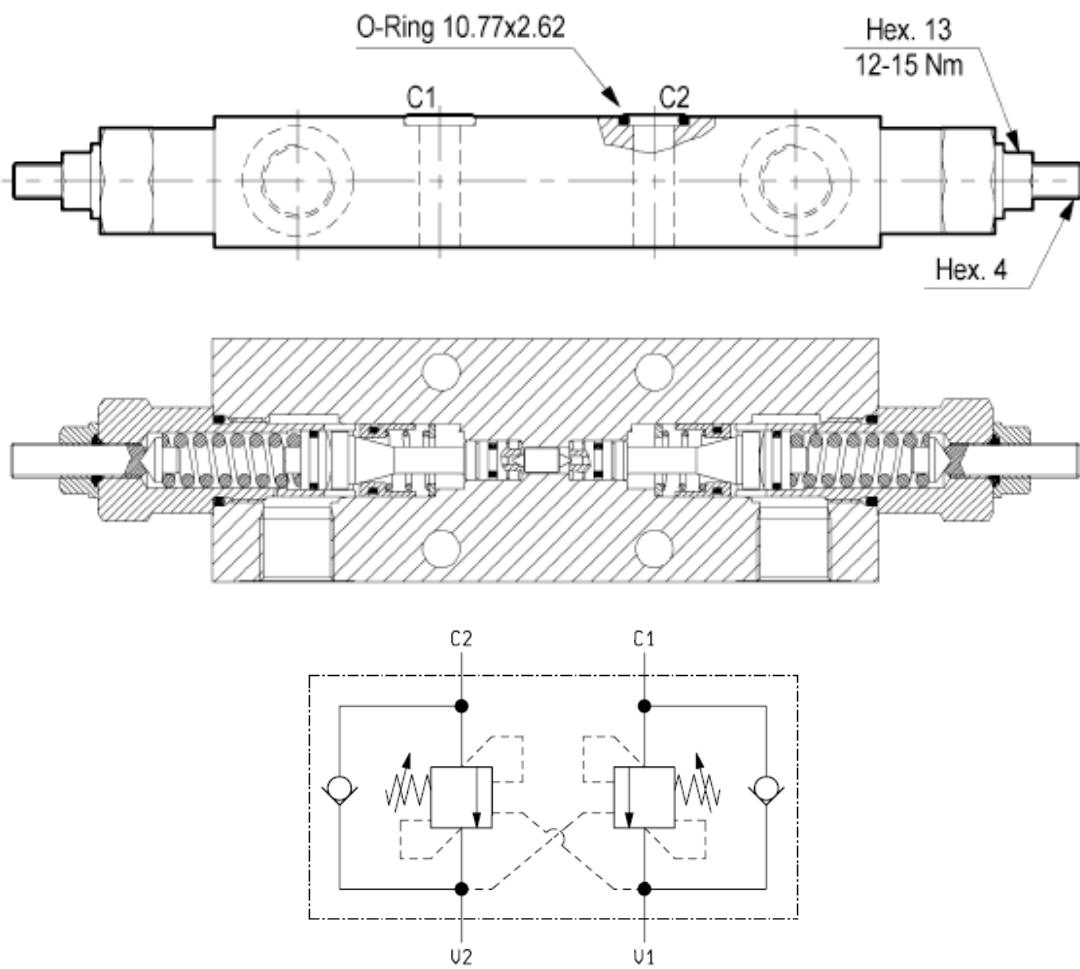


图 42 支腿平衡阀及功能符号

工作原理：当 V1 口进油时，液压油通过单向阀进入 C1 口，同时 V1 口油压作用于控制活塞，活塞向右移动，协助 C2 口负载压力顶开右侧主阀芯，使得 C2 口回油可以经环形节流口通向 V2 口，执行元件（油缸）平稳动作。当 V1 口和 V2 口均无油压时，控制活塞居于中位，两侧单向阀均关闭，两侧阀芯单独在负载压力作用下，也不能打开，因此起到锁止执行元件的目的。

通过两侧的调压螺杆，可以设定阀芯在一定负载下的开启压力。

6. 臂架平衡阀 084774030301000\084774030301000

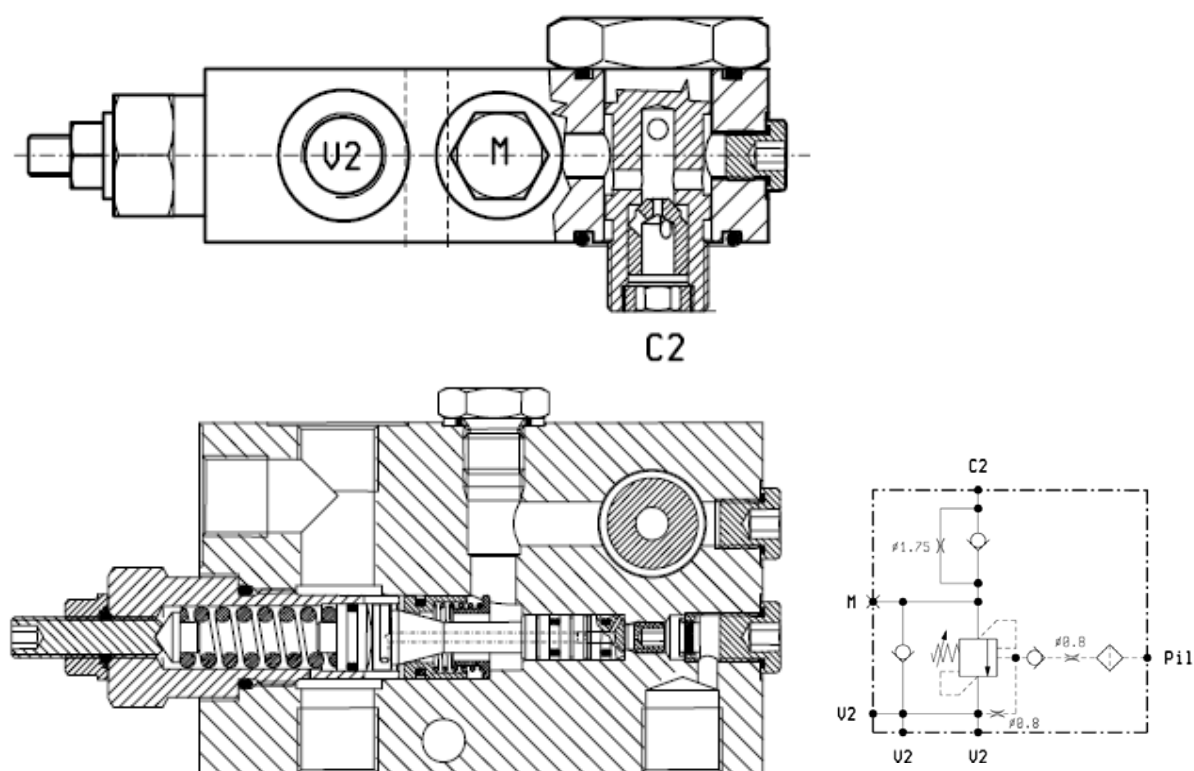
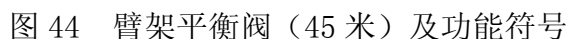


图 43 臂架平衡阀（37 米）及功能符号

工作原理：当 V2 口进油时，液压油通过两个单向阀进入 C2 口，液流不受阻碍。当 C2 口进油时，液压油首先通过 $\phi 1.75$ 的节流口，限制液流速度，然后油压作用到阀芯上，但仅有此压力作用，阀芯不会

通过调节调压螺杆，可以设定阀芯在一定负载下的开启压力。



6—过滤器 7—节流器 8—螺堵 9—密封圈

溢流阀 1 的作用是，当 C2 口压力过高时，溢出少量油液，缓和

C2 口压力波动。

通过调节主阀 2 上的调压器，可以设定主阀芯在一定负载下的开启压力。通过调节溢流阀 1 上的调压器，可以设定溢流压力。

7. 回转缓冲阀 057147370235

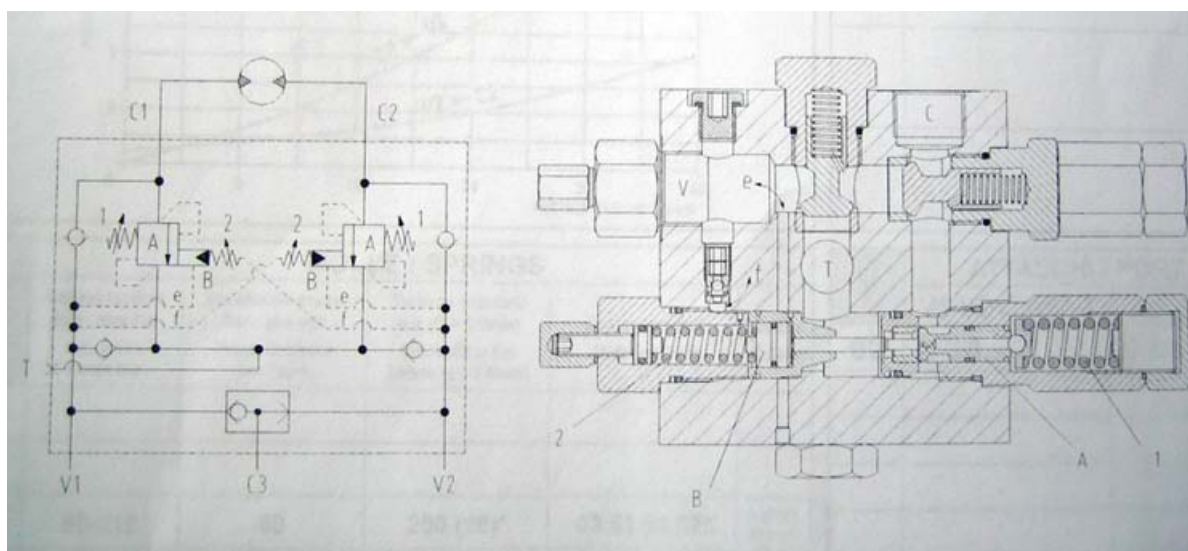


图 45 回转缓冲阀及功能符号

- 1—溢流阀 2—主阀 3—阀体 4—测压口 5—堵
6—过滤器 7—节流器 8—螺堵 9—密封圈

工作原理：启动时进油侧 V 口高压油经单向阀至 C 口驱动回转马达，同时经内部油道 e 作用于进油侧压力阀芯 A 的先导活塞 B，克服 2 号弹簧力 PS2，此时进油侧压力阀芯 A 只受 1 号弹簧力 PS1 作用，因此，启动时进油侧压力阀芯 A 的压力状态为高压状态。

回油侧 V 口低压油，经内部油道 e 作用于回油侧压力阀芯 A 的先导活塞 B 的压力消失，弹簧力 PS2 也作用于回油侧压力阀芯 A，因此，停止时回油侧压力阀芯 A 的压力状态为低压状态。

调节 1 号弹簧力可以调整启动压力的高低，调节 2 号弹簧力可以调整缓冲压力的高低。

8. 恒功率阀 534.06.01.01

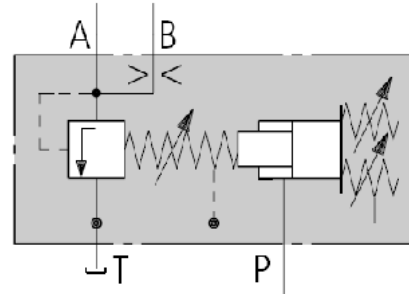


图 46 恒功率阀及功能符号

工作原理: P 口压力为系统工作压力, B 口压力为控制排量的压力。当 P 口压力小于设定压力时, 控制活塞不动, 系统工作在功率曲线之下。在某一流量下, P 口压力升高到设定压力时, 控制活塞后退, 压缩一条弹簧, 先导弹簧压力减小, A 口油液有一部分溢流到 T 口, 使 B 口控制压力降低, 从而使液压泵排量减小, 但工作压力与流量的乘积

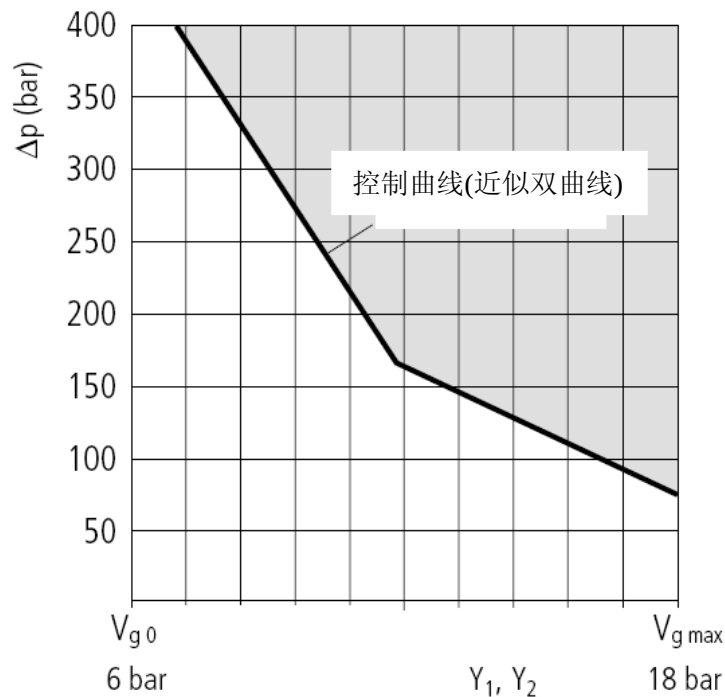


图 47 恒功率阀控制曲线

基本保持不变。当流量继续加大，P 口压力继续升高，控制活塞继续后退，压缩两条弹簧，先导弹簧压力进一步减小，A 口油液更多部分溢流到 T 口，使 B 口控制压力进一步降低，从而使液压泵排量进一步减小，但工作压力与流量的乘积依然基本保持不变。

由于控制活塞先后压缩两条弹簧，所以压力—行程曲线呈现斜率不同的折线，反映到工作压力—控制压力曲线上也是一条折线，这条折线近似一条双曲线，因此，该阀可以使主泵工作在近似恒功率状态。

（三）流量控制阀

单向节流阀 MK25G1.2/2

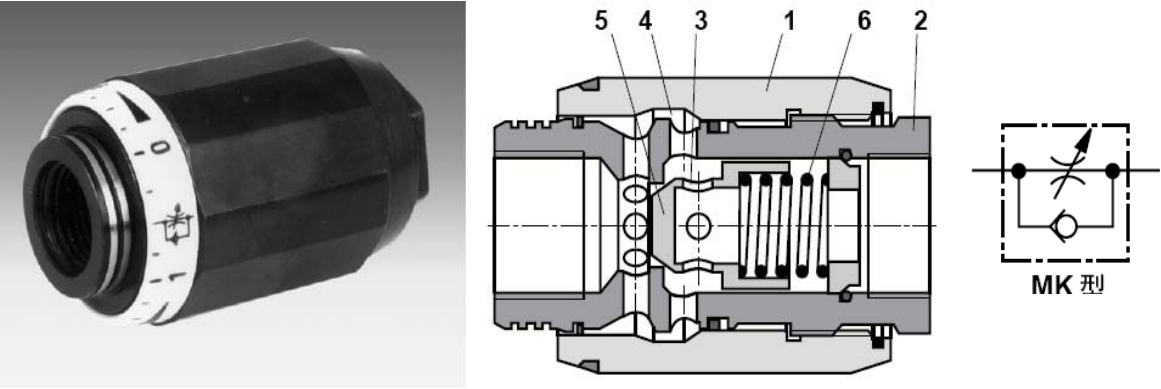


图 48 单向节流阀及功能符号

1—螺套 2—阀体 3—流道 4—节流口 5—阀芯 6—弹簧

工作原理：当油液从左侧进入时，油液顶开单向阀从右侧流出。当油液从右侧进入时，单向阀关闭，油液通过流道 3，经节流口 4 流到左侧，然后流出。

调节螺套，可以改变节流口的开度，从而控制液流速度。

第三章 液压系统工作原理

泵车液压系统由三部分组成：泵送液压系统、臂架液压系统、支

腿液压系统。

一、泵送液压系统工作原理

（一）泵送液压系统概述

泵送液压系统是混凝土泵车、混凝土拖式泵和混凝土车载泵的最主要的工作系统，系统的功能是，把料斗中的混凝土泵送到作业范围内指定的位置。

按油液循环方式，该液压系统分为开式液压系统和闭式液压系统。

图 49 是开式泵送系统结构示意图。

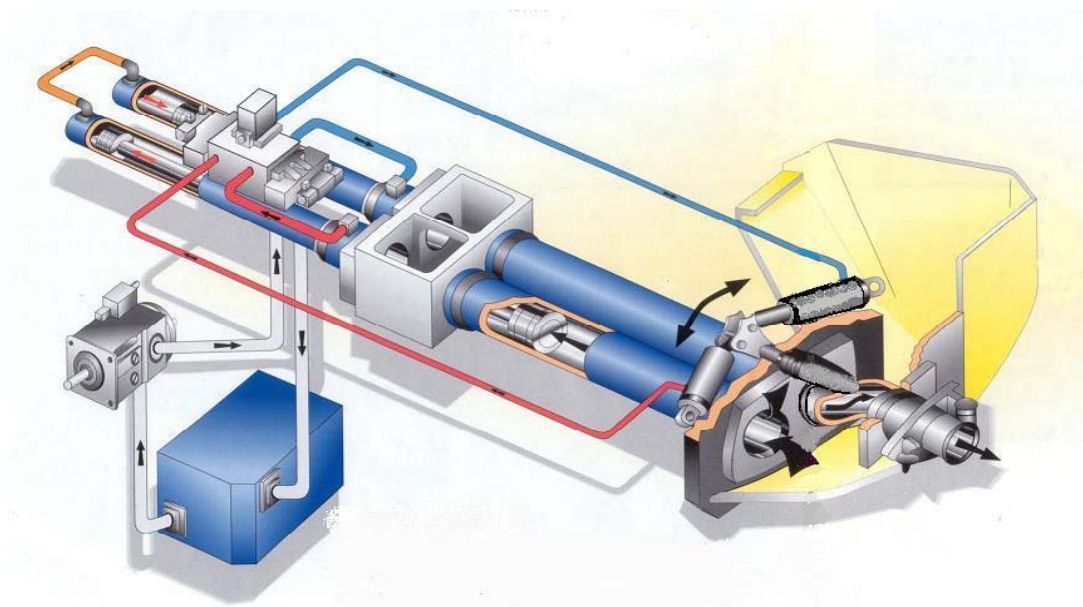


图 49 开式泵送系统结构示意图。

在开式回路中，液压泵从液压油箱吸油，泵出的高压油通过换向阀供给主油缸，主油缸出油回到油箱。

开式回路主要优点是：结构较简单、散热条件好。缺点是震动较大、效率稍低。

混凝土拖式泵和混凝土车载泵常采用开式液压系统。

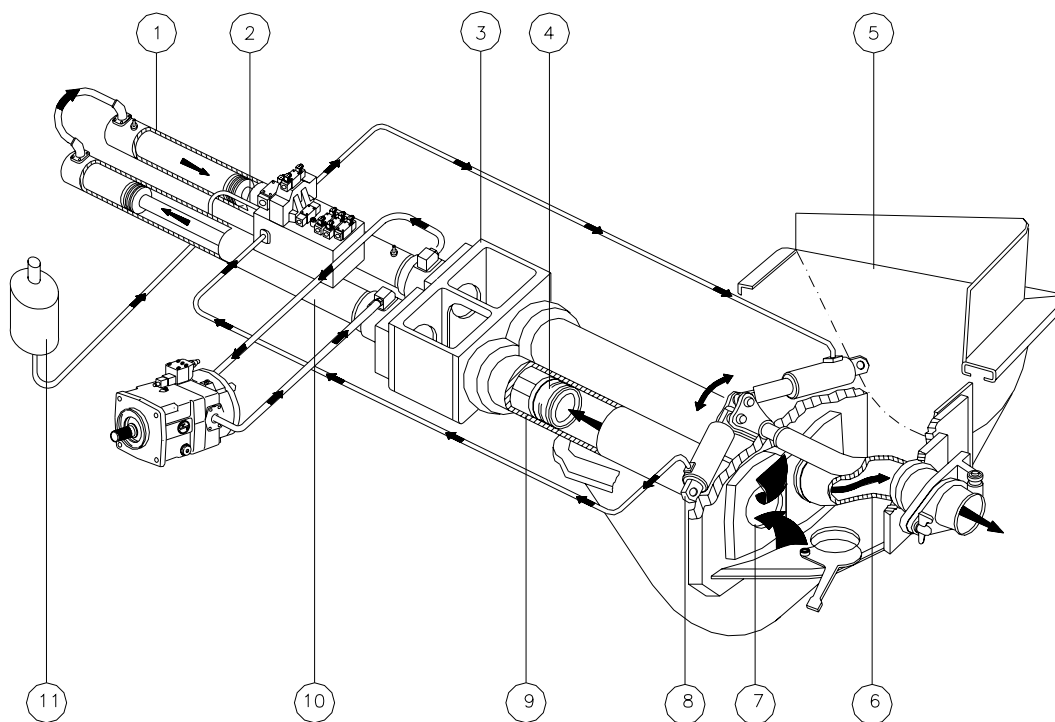


图 50 闭式泵送系统结构示意图

1—缸筒 2—活塞 3—水槽 4—砵活塞 5—料斗 6—S 摆管
7—眼睛板 8—摆缸 9—输送缸 10—主油缸 11—油箱

上图是闭式泵送系统结构示意图。在闭式回路中，主油泵泵出的高压油进入主油缸进油口，主油缸的回油不是回油箱，而是回到液压泵吸油口。主油缸的换向通过主油泵改变斜盘倾角的正负来实现。

闭式回路的主要特点是：换向平稳，震动小，效率较高。

37 米和 45 米泵车的泵送液压系统均为双泵双回路液压系统：主泵和主油缸构成泵送回路；恒压泵和摆动油缸构成分配回路。这种双泵双回路液压系统的优点是：

- ① 避免两回路的互相干扰。
- ② 系统更加节能。

图 51 是 37 米和 45 米泵车泵送液压系统的原理图。

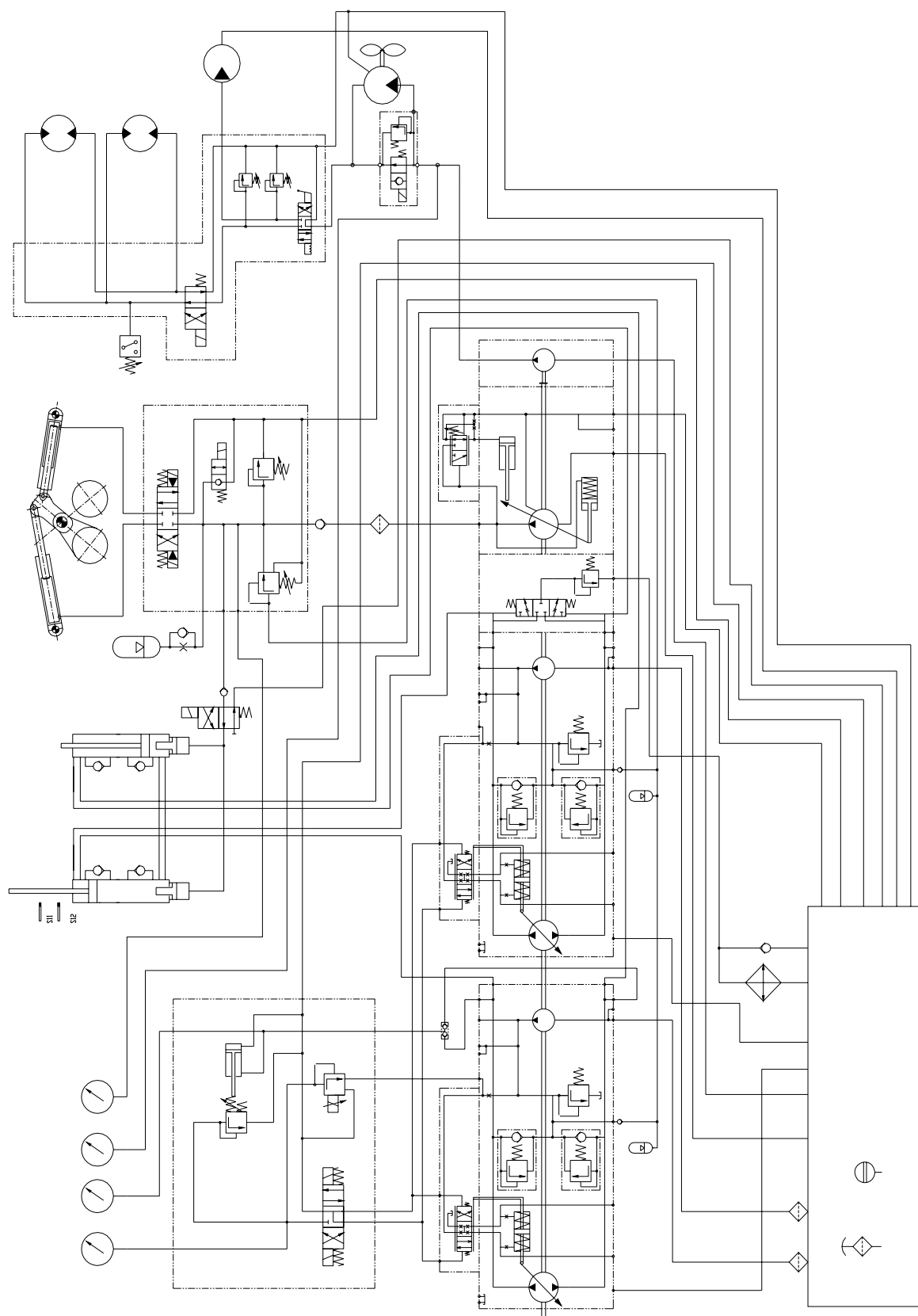


图 51 泵送液压系统的原理图

（二）泵送液压系统的组成

按动力元件不同，该液压系统可分为泵送回路、分配回路、搅拌（供水、冷却）回路。

1. 泵送回路

37 米、45 米泵车泵送系统泵送回路的液压原理如图 52 所示。

泵送回路的动力元件是两个油路并联的双向变量柱塞泵，使用两个油泵可以增大流量，提高执行元件的工作速度。执行元件为两个主油缸，

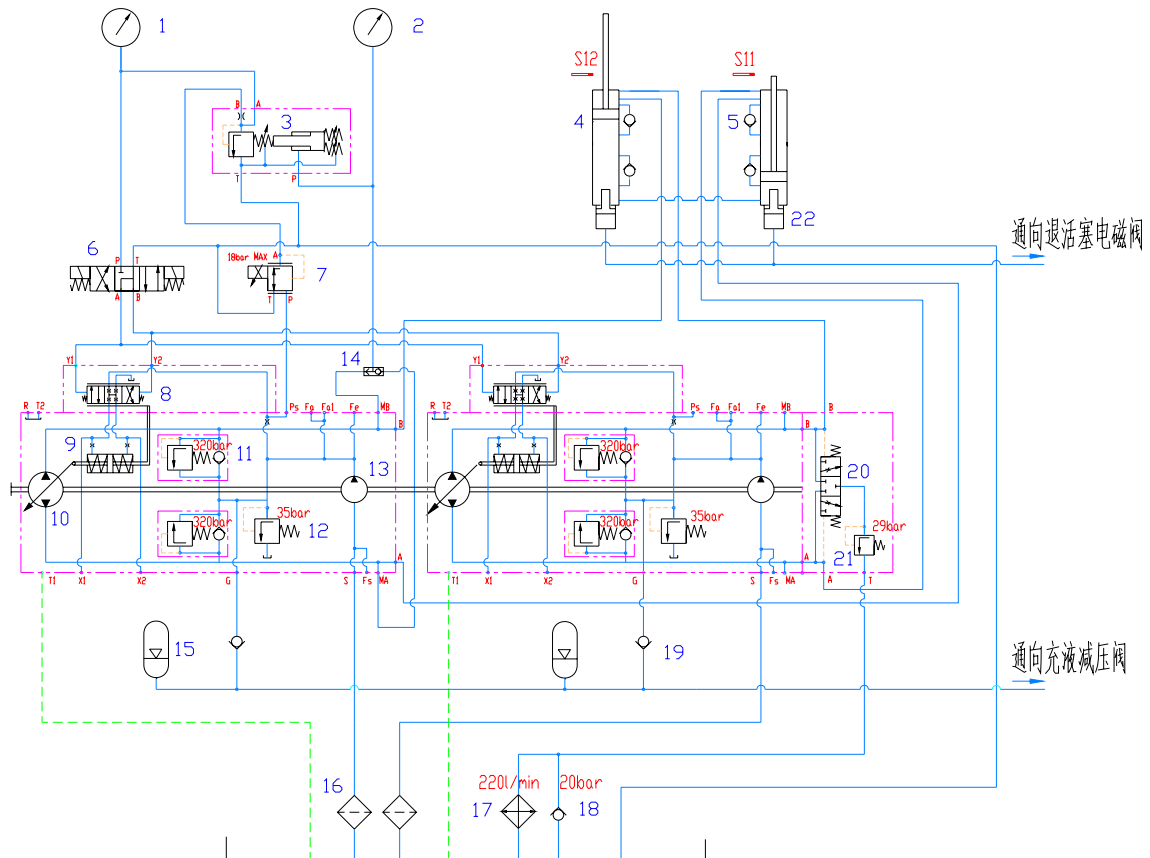


图 52 泵送回路液压原理图

- 1—控制压力表 2—泵送压力表 3—恒功率阀 4—主油缸 5—单向阀 6—电磁阀
7—比例减压阀 8—伺服阀 9—伺服缸 10—柱塞泵 11—高压安全阀
12—低压安全阀 13—补油泵 14—梭阀 15—蓄能器 16—吸油过滤器 17—冷却器
18—背压阀 19—单向阀 20—冲洗阀 21—溢流阀 22—小油缸

工作中交替吸入、泵出混凝土。在主油泵和主油缸之间，没有其他液压元件，只有管路相连。

（1）低压泵送与高压泵送

图示管路连接方式，称为低压泵送状态，即主油泵的进出油口与主油缸有杆腔相连，两主油缸无杆腔相连。这种连接方法，由于高压油作用面积小，混凝土出口压力低，泵送高度低、泵送距离近，但可以提供较快的泵送速度，最大理论泵送速度可达 $150\text{m}^3/\text{h}$ 。泵车通常采用低压泵送连接方式。

如果主油泵的进出油口与主油缸无杆腔相连，两主油缸有杆腔相连，这种管路连接方式，称为高压泵送状态。

（2）补油泵的作用

在图 4 中，每个主泵都设有一个补油泵，它是一个排量为 28ml/r 的齿轮泵，其作用是：

①通过补油阀向柱塞泵吸油侧补充温度较低的油液，同时强制主油缸回油的一部分通过冲洗阀溢流。

②向比例减压阀 7 进油口提供稳定的供油，以使比例减压阀出口压力稳定。

③向伺服阀 8 进油口提供压力油，控制伺服缸 9 带动斜盘摆动，实现主泵排量的变化。

补油泵 13 的补油压力由低压安全阀 12 限定，设定值为 35bar 。

（3）冲洗阀的作用

闭式回路设有补油泵，也必然设有冲洗阀，冲洗阀是一个液动换

向阀，它受主泵高压侧压力推动，使低压侧热油经溢流阀 21 溢流，油液经冷却器回油箱。

冲洗阀的冲洗流量大致等于补油泵的补油流量，由于在主油缸工作时，溢流阀 21 总是处于溢流状态，所以，主泵吸油侧压力就是溢流阀 21 的设定压力。该设定压力为 29bar。

（4）主泵的排量控制

主油缸的泵送速度，取决于两个因素，一是发动机转速，二是主泵排量。为了发挥发动机的最大动力，一般要求发动机工作在最高允许转速下，即 1650rpm，此时液压泵的转速为 2500rpm。要想改变泵送速度，必须改变主泵排量。

主泵排量控制路线如下：

排量控制电位器→比例电磁铁电流→比例减压阀出口压力→伺服阀阀芯位移→伺服阀阀套位移→伺服缸活塞位移→斜盘倾角→主泵排量。

比例减压阀出口压力范围为：0~18bar。

（5）主泵压油口、吸油口转换

要想使主油缸交替进行泵送动作，必须使主泵斜盘倾角进行正负交替摆动，其控制路线如下：

主油缸吸入混凝土到位→接近开关感知砼活塞到位信号→控制器输出控制电流→换向阀 6 换向→伺服阀阀芯位移方向反转→伺服阀阀套位移方向反转→伺服缸活塞位移方向反转→斜盘倾角方向反转→主泵压油口、吸油口转换。

（6）主泵的恒功率控制

恒功率控制的目的：限定主油泵工作时的最大输出功率，防止负载过大时，发动机转速明显下降和熄火。

主泵的恒功率控制路线如下：

主油缸负载加大→主泵高压侧压力升高→梭阀 14 取高压侧压力→恒功率阀 3 控制活塞有杆腔→控制活塞后退→恒功率阀前端溢流阀溢流压力降低→溢流流量加大→恒功率阀出口压力降低→伺服阀阀芯位移减小→伺服阀阀套位移减小→伺服缸活塞位移减小→斜盘倾角减小→主泵排量减小→主泵高压油流量减小→主泵流量与工作压力的乘机保持基本恒定（即功率基本恒定）。

如果主油缸负载不大，则主泵高压侧压力不会太高，恒功率阀控制活塞就不会后退，这时，泵送系统的功率没有达到恒功率阀的设定功率值，泵送系统将在恒功率曲线以下工作。

恒功率阀出厂设定功率为 75kw。两个主油泵并联，总功率可以控制在 150kw 左右。

（7）压力调整方法

a. 高压安全阀压力调整

扳动电控柜控制面板上的“点动”开关，使任意一侧的主油缸缩回到头并憋压，观察泵送压力表读数是否为 320bar，如果不为 320bar，需要调整相应侧的高压安全阀，详见液压元件主油泵部分。

b. 冲洗溢流阀压力调整

在正常泵送状态时，由于主油泵总有一侧为高压状态，冲洗阀阀

芯偏移，低压侧油液经冲洗溢流阀流出，这时，低压侧的压力就是冲洗溢流阀的调定压力。在主油泵 Fa 口接一个 6MPa 的压力表，观察低压侧压力是否为 29bar，如果不为 29bar，需要调整冲洗溢流阀，详见液压元件冲洗阀部分。

c. 低压安全阀压力调整

在主油泵排量为零时，由于主油泵两侧均无压力，冲洗阀阀芯居中，补油泵的压力油只能通过低压安全阀溢流，这时，在主油泵 Fa 口测得的压力就是低压安全阀压力，观察压力是否为 35bar，如果不为 35bar，需要调整低压安全阀，详见液压元件主油泵部分。

2. 分配回路

37 米、45 米泵车泵送系统分配回路的液压原理如图 53 所示。

(1) 分配回路的作用

正泵工作时，配合主油缸泵送动作，交替切换 S 摆管与两个输送缸的出口接合，保证主油缸打出的混凝土进入输送管。反泵工作时，配合主油缸泵送动作，交替切换 S 摆管与两个输送缸的出口接合，保证输送管中的混凝土被吸入主油缸。

(2) 恒压泵的恒压控制

恒压泵是分配回路的动力元件，由伺服阀 16、柱塞泵 17、复位油缸 18、变量油缸 19 组成。

当恒压泵出口压力低于恒压设定压力时，复位油缸 18 无杆腔没有压力油作用，斜盘在变量油缸 19 驱动下，以最大排量工作；当恒压泵出口压力达到恒压设定压力时，伺服阀 16 阀芯移动，复位油缸 18 无

杆腔有压力油作用，斜盘倾角变小，泵出的压力油仅用于补充内外部泄漏，而油液压力基本不变。

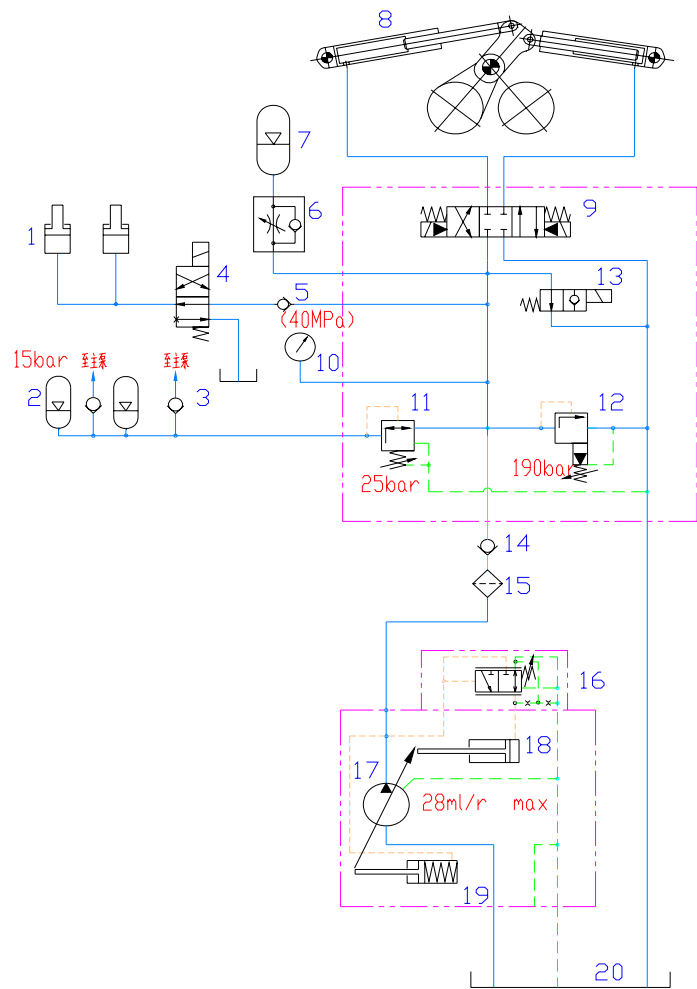


图 53 分配回路液压原理图

1—小油缸 2—小蓄能器 3—单向阀 4—电磁阀 5—单向阀 6—单向节流阀 7—大蓄能器
8—摆动油缸 9—电液阀 10—压力表 11—减压阀 12—溢流阀 13—电磁球阀 14—单向阀
15—高压过滤器 16—伺服阀 17—柱塞泵 18—复位油缸 19—变量油缸 20—液压油箱

(3) 分配回路的蓄能与卸荷

恒压泵泵出的液压油，经高压过滤器 15 和单向阀 14，进入下游油路，如果电磁球阀 13 电磁铁未得电，恒压泵处于卸荷状态，此时虽然恒压泵以最大排量供油，但系统压力为零。只有电磁球阀 13 电磁铁得

电，恒压泵泵出的液压油才能进入工作机构。

泵送工作时，在摆动油缸摆动到位后的停留期间，恒压泵的压力油进入大蓄能器 7，油液压缩已充气的皮囊，储存能量。当电液阀 9 换向时，大蓄能器 7 中的液压油迅速补充到摆动油缸里，使摆动油缸带动 S 管阀快速换向，同时吸收摆动油缸制动时的液压冲击。

可见大蓄能器的设置可以作为摆动油缸快速换向的临时油源，配合恒压泵的使用，可以达到节约能源的目的。

摆动油缸换向快慢程度还可以用单向节流阀 6 调节。

大蓄能器的初始充气压力为 90~95bar。充气压力过低，蓄能器反应慢；充气压力过高，蓄能器充液量不足，摆动油缸动作不顺畅。

（4）小油缸的退砵活塞功能

小油缸 1 安装在主油缸头部，当电磁阀 4 电磁铁不得电时，压力油经单向阀 5、电磁阀 4 进入小油缸 1，小油缸的活塞在压力作用下，处于小油缸头部，这时可以防止主油缸收缩过头，导致砵活塞被意外拉出。当砵活塞需要维修时，电磁阀 4 电磁铁得电，小油缸中的压力油经电磁阀 4 流回油箱，小油缸的活塞可以在主油缸活塞杆作用下后退，这时砵活塞从输送缸中拉出，然后进行维修工作。

（5）小蓄能器的功能

在主油泵换向时，由于换向速度很高，液流方向切换过快，导致低压侧出现短时供油不足现象，造成各配合零件的不正常磨损，影响零部件的使用寿命。为此专门设置了小蓄能器在主油泵换向时向低压侧补油。

小蓄能器 2 为隔膜式结构，初始充气压力为 15bar。恒压泵泵出的压力油经减压阀 11 减压后，压力减为 25bar，向小蓄能器充油。在主油泵换向的瞬间，小蓄能器迅速地将贮存的压力油经单向阀 3 补充到低压侧，缓解低压侧供油不足现象。

（6）安全保护功能

溢流阀 12 可以在系统压力达到 190bar 时溢流，保护系统不会超压工作。通过点动摆动油缸并憋压，观察压力表 10，可以设定溢流阀的溢流压力。

3. 搅拌、供水及冷却回路

37 米、45 米泵车泵送系统中，搅拌、水洗及冷却回路共用一个齿轮泵作为动力元件，回路的液压原理如图 54 所示。

（1）冷却回路

齿轮泵输出的液压油首先经过冷却器开启阀或冷却马达，然后进入下游油路。当温度传感器感受到的油液温度低于 60℃时，冷却器开启阀上的电磁球阀不得电，液压油经电磁球阀的常态位通向下游；当温度传感器感受到的油液温度高于 60℃时，冷却器开启阀上的电磁球阀得电，液压油被迫经冷却马达通向下游，同时冷却马达运转，驱动风扇转动，强制空气对流进行散热。当油温高于 60℃且冷却马达出现故障不转动时，液压油经冷却器开启阀上的安全阀流向下流。

冷却器开启阀或马达串联于齿轮泵出口油路上，是下游工作油路的串联负载。

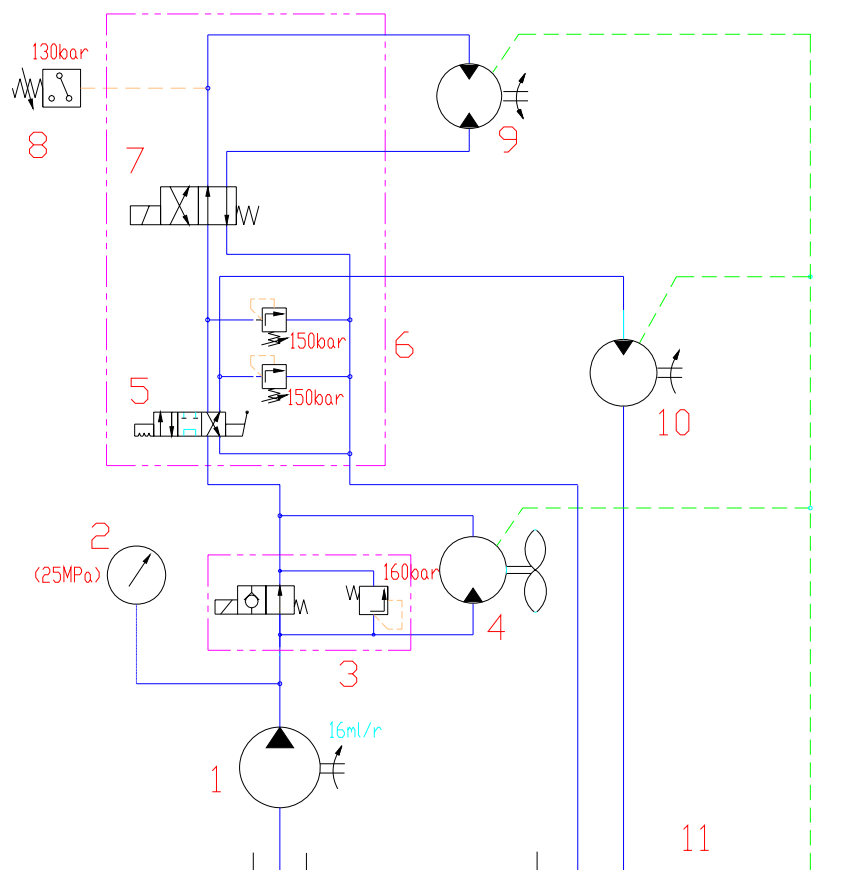


图 54 搅拌、供水及冷却回路液压原理图

1—齿轮泵 2—压力表 3—冷却器开启阀 4—冷却马达 5—手动换向阀
6—叠加溢流阀 7—电磁阀 8—压力继电器 9—搅拌马达 10—水泵马达 11—液压油箱

(2) 卸荷、搅拌、供水切换回路

当手动换向阀居于中位时，由冷却器开启阀或马达出来的液压油经手动换向阀回油箱，搅拌、供水马达均不工作，液压泵卸荷；当手动换向阀居于左位时，搅拌马达工作；当手动换向阀居于右位时，水泵马达工作。

(3) 搅拌回路

当手动换向阀 5 居于左位时，正常情况下，液压油经换向阀 7 进入搅拌马达 9 上部油口，马达在压力油作用下转动，驱动搅拌轴转动，马达回油由下部油口流出，再经换向阀 7 回油箱。马达的这种转动方

向可以防止骨料在输送缸出口下部堆积，并使混凝土料搅拌得更均匀。

搅拌马达进油口工作压力与搅拌阻力大小有关，当搅拌阻力足够大时（如搅拌叶片被卡住），使进油口压力达到压力继电器 8 设定值 130bar 时，压力继电器给出电信号，经控制电路使换向阀 7 得电换向，搅拌马达进出油口液流方向颠倒，马达反向旋转，延迟 5 秒后，换向阀 7 失电复位，搅拌马达 9 恢复正转。这是搅拌回路的自我清障功能，可使搅拌叶片被卡住后，自动反转清除障碍物，混凝土料总是处于正常搅拌状态。

搅拌回路的最高工作压力由叠加溢流阀限定，由于该溢流阀在不超压时，没有油液溢流，所以叠加溢流阀起安全阀作用。当搅拌马达进口工作压力达到 150bar 时，液压油经安全阀溢流回油箱。

（4）供水回路

当手动换向阀居于右位时，液压油进入水泵马达，马达在压力油作用下转动，驱动水泵转动，马达出油直接回油箱。

马达进油路最高工作压力也由叠加溢流阀限定，当因故障马达或水泵卡住不转且进口压力达到 150bar 时，液压油经安全阀溢流回油箱。

（5）压力调整

压力继电器压力调整：卡住搅拌叶片，观察搅拌压力表，然后调节压力继电器，当压力继电器刚好有开关信号输出时，其设定压力就是 130bar，这时锁紧压力继电器调整螺塞即可。

叠加溢流阀压力调整：卡住搅拌叶片，观察搅拌压力表，拧动溢流阀压力调整螺杆，将搅拌溢流阀溢流压力设定到 150bar，然后拧紧

防松螺母即可。

设定水泵溢流阀溢流压力时，先封堵水泵马达进油管口，观察搅拌压力表，拧动溢流阀压力调整螺杆，将搅拌溢流阀溢流压力设定到 150bar，然后拧紧防松螺母即可。

二、臂架液压系统工作原理

该系统由一个臂架泵供油，压力油经高压过滤器通向比例多路阀，然后由比例多路阀分配到支腿液压系统、臂架液压系统。

（一）臂架液压系统的功能

臂架泵的来油，进入臂架多路阀，由各联比例换向阀控制相应执行元件的动作。多路阀的第二联用于控制转台的回转运动，第三、四、五、六、七联用于控制臂架总成第一、二、三、四、五节臂的收放动作，回转与收放协同工作，可使出料口到达需要浇注混凝土的地方。

臂架多路阀是一个比例多路阀，可电控操作，也可手动操作。电磁铁电流的大小或操作手柄的摆动角度的大小决定了液压油的流量大小，因此也就决定了各执行元件的运动速度。

图 55、图 56 分别是 37 米、45 米的臂架液压系统原理图。

臂架多路阀主溢流阀设定压力为 330bar。每一联换向阀上都设有溢流阀，用于设置二次溢流压力。回转机构溢流阀设定压力为 140bar。各变幅油缸有杆腔和无杆腔进油溢流压力是根据各油缸所需控制压力的不同而设定的，数值有 300bar 和 330bar 两种。

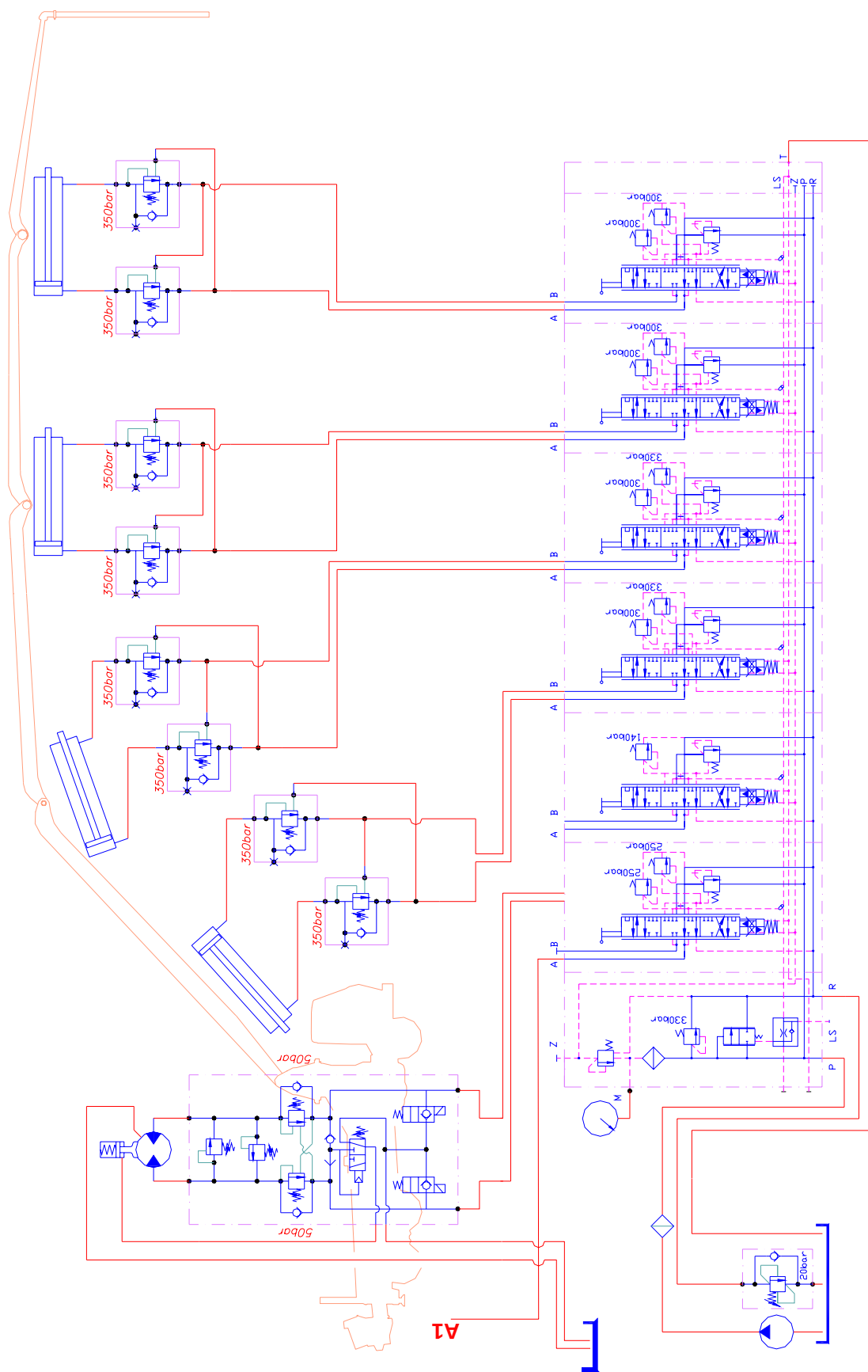


图 55 37 米臂架液压系统原理图

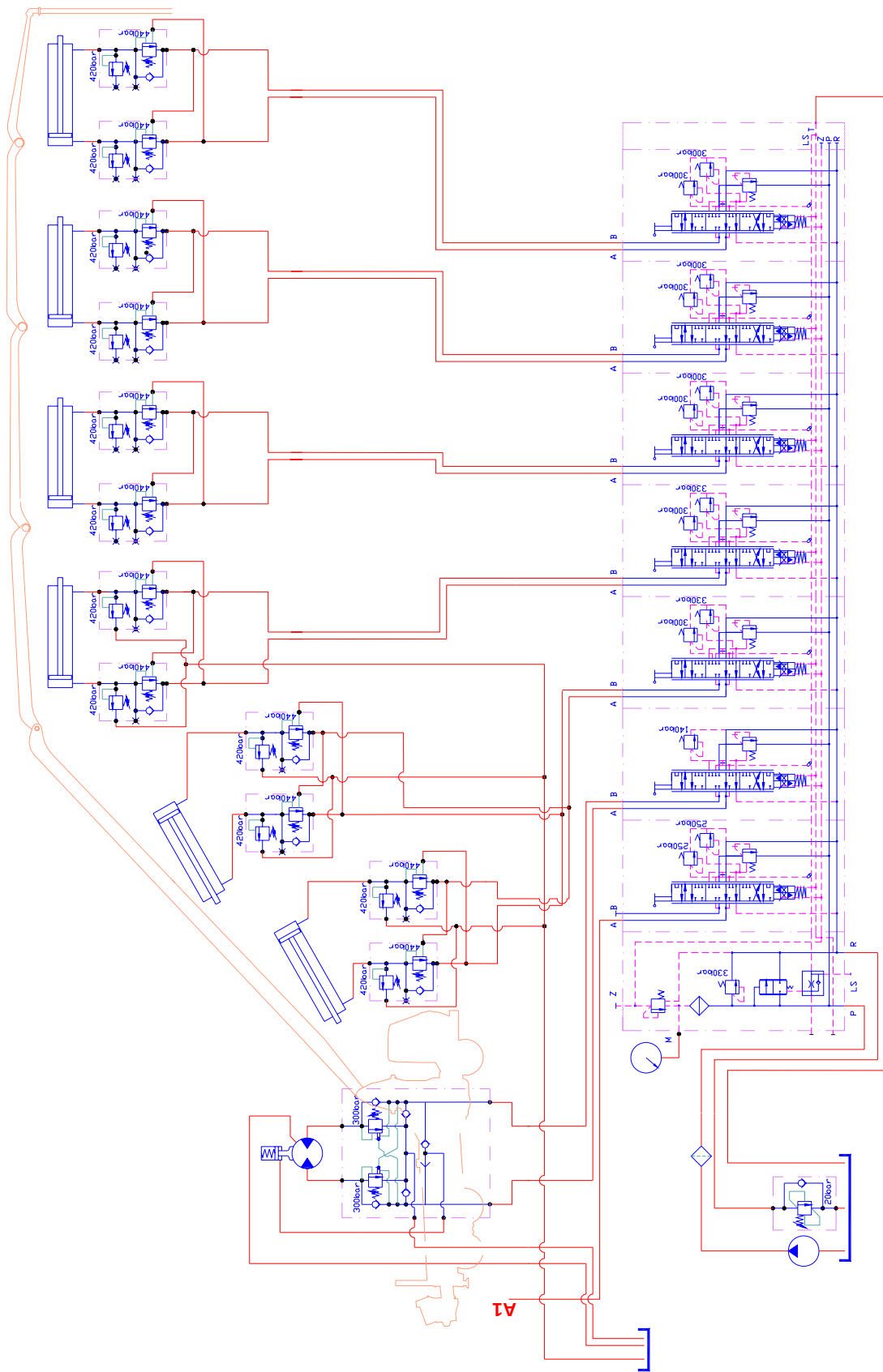


图 56 45 米臂架液压系统原理图

（二）臂架液压系统的组成

1. 转台回转机构回路

比例阀第二联换向阀的出油经回转缓冲阀进入回转马达，驱动液压马达转动，经回转减速机减速，由小齿轮带动回转支撑的齿圈旋转，促使转台顺时针或逆时针转动，使布料杆到达指定的方向。马达回油经回转缓冲阀回到换向阀，再经回油背压阀回到油箱。

（1）回转缓冲阀的作用：

① 在回转马达启动时，高压溢流阀起作用，进油管可以达到较高压力，克服启动时的静摩擦力矩。在回转马达制动时，低压溢流阀起作用，缓冲油路压力冲击。

② 向回转减速机制动器提供控制油，使得在马达回转时，制动器及时脱开；马达停转时，制动器可靠接合，保护转台不会溜车。

（2）回油背压阀的作用：

① 使各执行元件的回油油路产生一定的背压，可防止各执行元件启动时出现前冲现象。

② 防止泵车长期停放时，执行元件进出油路的油液自行流回油箱，进入空气。

2. 臂架收放控制回路

各节臂的动作是由相应的执行元件——变幅油缸带动下完成的。在每个变幅油缸的有杆腔和无杆腔油口上，都安装了一个单向平衡阀，在油缸动作时，油液不受阻碍进入油缸，出油则必须经过回油侧平衡阀主阀芯的节流口才能回到换向阀，然后回到油箱。下图是 57 米泵车

变幅油缸控制回路液压原理图。

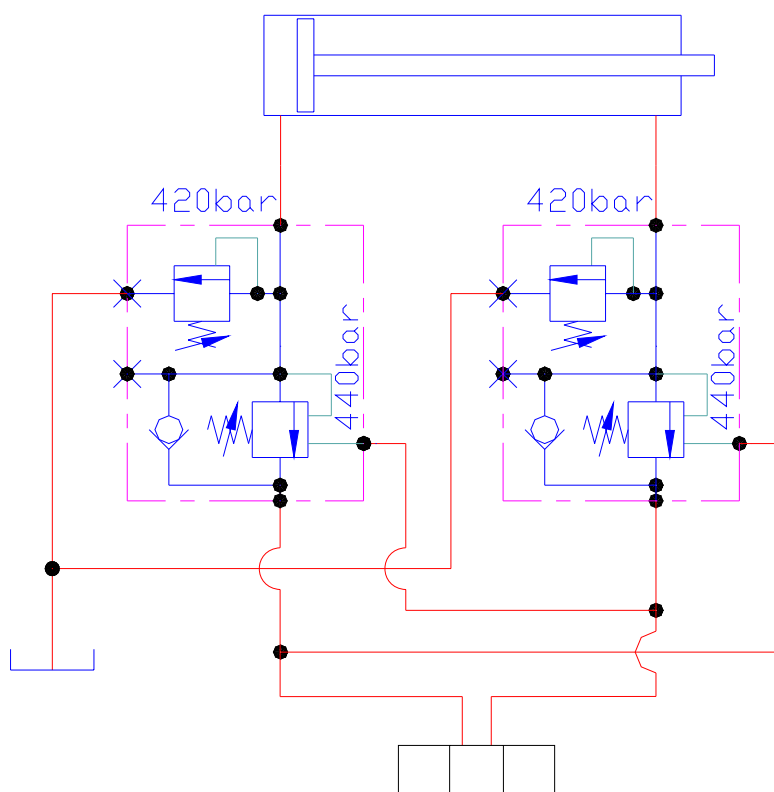


图 57 变幅油缸控制回路液压原理图

(1) 臂架平衡阀作用：

①使变幅油缸活塞杆在任意伸出位置上可靠锁定，满足布料时的位置要求。

②对这种有重力负载作用的液压缸，稳定变幅时活塞杆的伸缩速度，防止液压缸伸缩时因重力作用而失控。

③当外部管路发生破损时，防止臂架下沉，起安全保护作用。

④45 米泵车臂架平衡阀里还设有一个调定压力为 420bar 的小溢流阀，它可以防止臂架振动时有杆腔和无杆腔产生过高的压力冲击。

(2) 臂架平衡阀压力设定：

在油缸没有进油压力时，出油侧臂架平衡阀主阀芯只受负载压力

作用；在有进油压力时，出油侧臂架平衡阀主阀芯除了受负载压力作用外，还受有效控制压力作用。三者之间的关系为：

$$\text{有效控制压力} = \text{设定压力} - \text{负载压力}$$

其中

$$\text{有效控制压力} = \text{控制压力} \times \text{有效先导系数}$$

因此，得

$$\text{控制压力} = (\text{设定压力} - \text{负载压力}) / \text{有效先导系数}$$

控制压力也称为开启压力。

臂架平衡阀的设定压力，应该满足以下条件：

①设定压力不能太小，必须大于任意工况下液压缸的负载压力，否则，臂架就会自动下沉或上扬。

②设定压力不能过大，必须使任意工况下的控制压力在进油路溢流阀设定压力之下，否则，控制压力不足，臂架不会动作。有时，臂架虽会动作，但动作太慢，这也是设定压力过大所致。

对于 45 米泵车来说，第一节臂由两个变幅油缸控制，两缸动作同步性要求高。在设定和调整时，两缸同侧平衡阀必须具有相同的或十分接近的设定压力，这一点必须注意。

37 米臂架平衡阀的设定压力统一为 350bar，45 米臂架平衡阀的设定压力统一为 440bar。

三、支腿液压系统工作原理

（一）工作原理概述

37 米、45 米支腿液压系统原理相同，如图 58 所示。

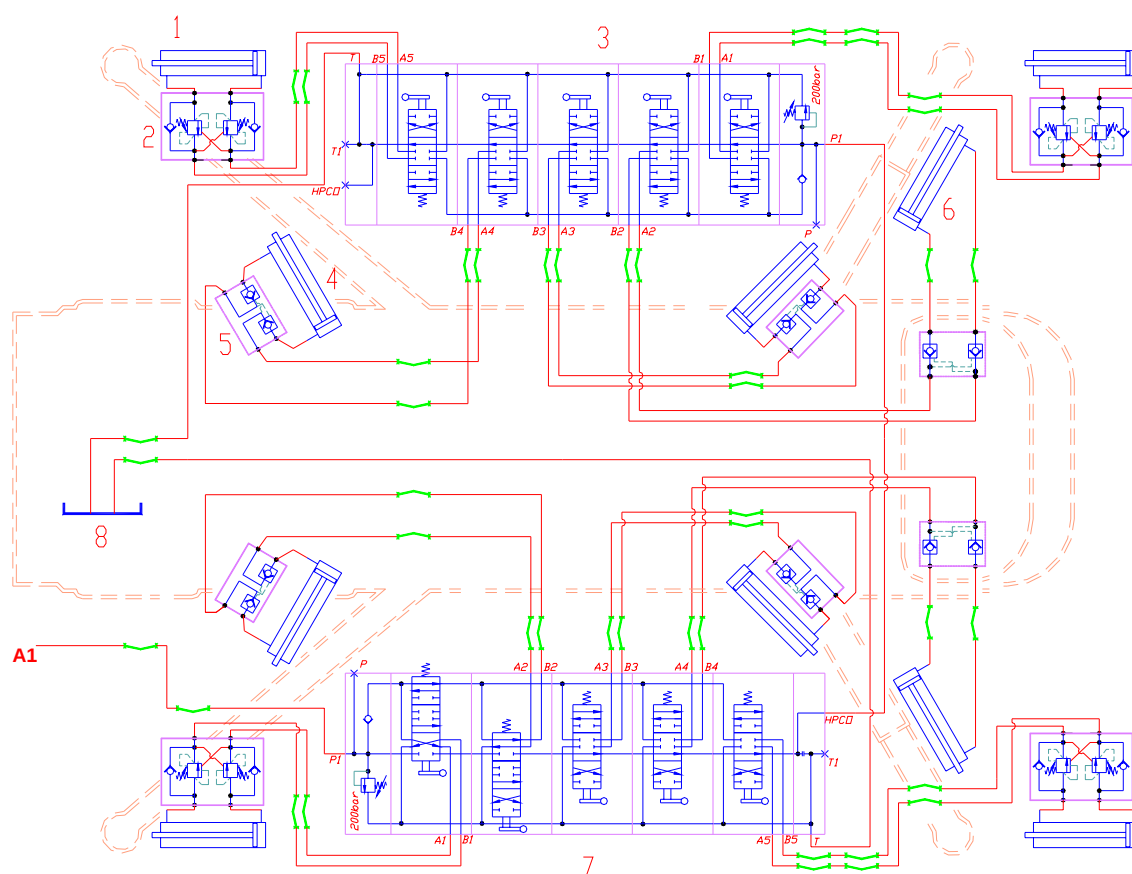


图 58 支腿液压系统原理图

- 1—垂直油缸 2—双向平衡阀 3—左支腿多路阀 4—展开油缸
5—双向液压锁 6—伸缩油缸 7—右支腿平衡阀 8—液压油箱

支腿液压系统的工作油液来自于比例多路阀的第一联出油口（只有当第一联操纵手柄有动作或比例电磁铁有控制电流时，第一联出油口才有压力油输出），压力油先到右侧支腿多路阀，然后再到左侧支腿多路阀，两侧多路阀均设有各自的回油口，回油直回油箱。支腿多路阀为手动换向阀，通过控制手柄的摆动角度，可以控制液压缸的收放速度。每个支腿多路阀均配有一个溢流阀，设定压力都是 200bar。

每侧多路阀的总进液口与各联换向阀进液口相通，总回液口与各联换向阀回液口相通，每侧各联之间组成并联换向回路。因此，每侧支腿多路阀所控制的五个液压缸可以任意几个同时供油，但总是负载

轻的液压缸先动作。

左边支腿多路阀总进液口与右边支腿多路阀各联换向阀中位回液口相通，使右侧支腿多路阀有优先控制权，即当右侧多路阀任何一联换向阀动作时，左侧多路阀均无供油，只有当右侧多路阀所有换向阀不动作时，左侧多路阀才能实现支腿的动作。

（二）支腿液压系统的主要回路

支腿液压系统包括伸展油缸锁紧回路和垂直油缸平衡回路。

（1）伸展油缸锁紧回路

支腿各展开油缸、伸缩油缸的油路上，都装有双向液压锁，其作用是：当终止供油时，使液压缸活塞杆在任意伸出位置上锁定。只有当进油路供油时，回油路上的液控单向阀才打开，才有油液流动，活塞杆伸出长度才会改变。

（2）垂直油缸平衡回路

在各垂直油缸上，均安装有双向平衡阀，其作用是：①使液压缸活塞杆在任意伸出位置上锁定。②对有重力负载作用的液压缸，稳定活塞杆的伸缩速度，防止液压缸伸缩时因重力作用而失控。

只有当进油路供油且油压达到足够高时，回油路上的主阀芯才打开，才有油液流动，活塞杆伸出长度才会改变。