

新技術方法研究室

液压传动在钻探方面的应用

第三讲 钻探方面应用液压传动实例

山东煤田地质勘探公司 邹明礼

本章从钻探主机、辅助设备和钻具加工等方面分别选取一两个比较典型的液压系统为例，讲解如何应用液压基本回路知识来分析液压系统原理图，为设计、使用、维修液压设备打下一定的基础。

一、拖拉姆钻机的液压系统

这是一台全液压钻机，包括动力头回转、快速升降钻具、油压给进和液压夹持器等部分。油路原理见图 3—1。

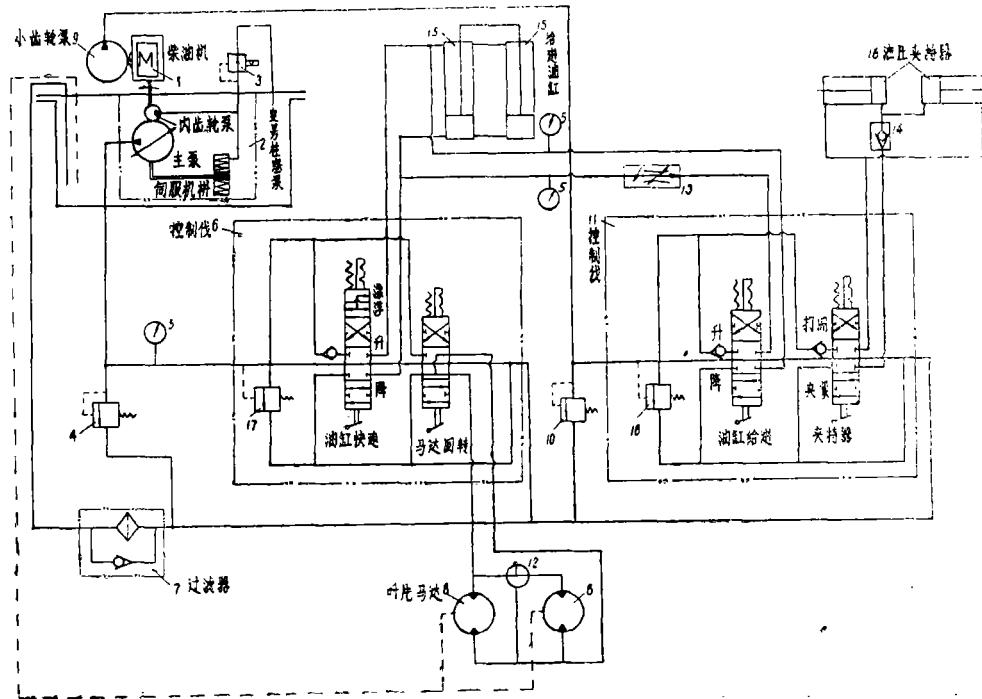


图 3-1

油路阅读和简要说明

全机液压系统是由两个独立的系统构成。一个系统用来完成回转运动和快速升降钻具，称为主系统，另一个系统用来完成工作给进和液压夹持，称为辅系统。两个系统具有分开的

泵与阀，但是油过滤器和回油管是共同使用的。

主系统由单向变量轴向柱塞泵（2）供油，变量泵由柴油机通过一个弹性联轴节直接驱动，泵装在油箱中，全部浸在油里。泵的排量是用一个装在里面的辅助泵（内齿轮泵）通过电磁调压阀（3）来改变摆动缸体的角度来实现的（详见后面的系统分析）。溢流阀（4）用来调整供给马达回转及快速提升所需的工作压力（0—175公斤/厘米²）。主系统的执行元件分别为两个油缸（15）和两个液压马达（8）。控制阀（6）包括两部分，装在一起，具有共同的入口和回流接头，快速升降部分还有一个单向阀。控制阀（6）的进入部分还另外装有安全阀（17），防止系统超载。快速升降操纵阀是四位六通阀，马达回转操纵阀是三位六通阀。两阀都在中间位置时，主油泵卸荷。

两个给进油缸机械结合成同步回路，当四位六通阀在升位时，高压油经操纵阀进入油缸下腔，而上腔油流回油箱。当四位六通阀在降位时，与上述相反，高压油经操纵阀进入油缸上腔，下腔油经操纵阀流回油箱。当四位六通阀处于最远的开路位置时，由于两个口都与回流线路相互联接，因此是一个漂浮位置。

两个叶片马达（8）通过装在油马达阀板之间的三通阀（12）控制。当三位六通换向阀移到“正转”位置时，可以只用一个马达工作，也可以两个马达同时工作。若两个马达同时工作，则钻头每分钟转数减半而转矩加倍。当三位六通换向阀移到“反转”位置时（即按逆时针方向转动时），两个液压马达总是一起工作。三通阀（12）就是一个阀门选择器。

辅系统由齿轮油泵（9）供油，该齿轮泵是通过柴油机上引出动力的一个弹性联轴节来驱动的。溢流阀（10）用来调节给进油缸和夹持钻杆所需的压力（0—140公斤/厘米²）。压力油经过控制阀（11）可分别流入给进油缸或钻杆夹持器油缸。控制阀（11）包括两个三位六通阀。

主系统和辅系统具有一个共同的回流管路，在其中装有回油过滤器（7）。过滤器并接一个旁路逆止阀，它的作用是当滤油器堵塞时，可经旁路逆止阀流过少量的未经过滤的油。

液压系统中还装有三块压力表，根据安装位置明显看出，一块压力表指示主泵来油压力，另外两块压力表分别指示钻进时给进油缸活塞上部及下部的压力。

系统分析

1. 变量泵调速系统：

本机主系统由变量泵—油缸容积调速回路和变量泵—定量马达容积调速回路组成。前者用来完成快速升降钻具，后者用来带动钻头回转。

快速升降钻具是钻探工艺的要求，特别对于甩掉升降机的液压缸提升方式更为重要。要实现油缸快速提升，系统流量必须大，同时油缸必须具备一定的推力，才能克服钻具重量。所以系统功率一般比较大（几十瓦），故而快提系统采用容积调速是比较合理的。这里选用了高压（P_{最大}=175公斤/厘米²）大流量（Q_{最大}=196公升/分）的柱塞变量泵，如果工作压力选的较低，油缸尺寸将很大，泵的流量也加大，使系统庞大。

回转头系动力水龙头式，直接用液压马达通过齿轮传动形成顶部驱动。由于钻头在孔底切削岩石需要有足够的扭矩，而且希望这个扭矩不随速度而变化，因此应该采用恒转矩驱动系统。大家知道，油压马达的输出力矩与供给的油压有关，本系统中变量泵（2）的排油压

力可以由溢流阀(4)来调定，所以在各种转速下，液压马达的最大输出扭矩都为定值，满足了钻探工艺的要求。

2. 节流调速回路

在本机中，给进油缸除了完成快速升降钻具外，还要供钻进时加压与减压等工作使用。此时与提升速度相比，给进速度很慢，不仅要求流量小，功率也比较小。这样来提高效率减少发热就不是主要矛盾，因此在辅助系统中选用结构简单、成本低、使用维修方便的节流调速方式是合理的。另外回油节流调速具有运动平稳的优点。

该系统中，在油经过阀(11)流回油箱以前，安装了调速阀(13)，控制着从给进油缸底部流回的液压油的流速。调速阀是由一个减压阀和节流阀组成的。整个油路是采用调速阀的出口节流调速回路。当钻头在岩石中钻进遇到空洞时，此时阻力接近于零，由于在给进油缸出口的一侧接有这个调速阀控制着油量，因此使钻进速度保持均匀。

3. 变量泵的排量调节回路

它是通过一个电磁压力调节阀来调节变角活塞缸上的压力改变缸体摆角的大小，来增减油泵的排量。

电磁压力调节阀的结构原理如图3—2所示。在没有电流通过线圈(1)时，具有针阀(3)的衔铁(2)自由的沿轴移动，此时油可以由(P)流到(T)，其压力降极少。当电流流经线圈时，针阀压到座(4)上，压的力量与电流成正比。此时，(P)中形成的压力以一种对抗磁力的力量作用在针阀上，这针阀将自己调整位置，在每一个选择的流速时，使磁力与液压力平衡。实际上，该阀的工作原理与溢流阀相似，压力油直接作用于锥阀(或钢球、圆柱等)底部，利用阀芯受的压力与电磁力(或弹簧力)相平衡为条件来实现的；不同的是该阀常开启，特别是无电流时，压力降很少。

从钻机工作原理(见图3—1)知，该电磁压力调节阀接在伺服油路中内齿轮泵(定量泵)和活塞缸之后。如果没有电流通过这个阀时，内齿轮泵的排油从阀的(P)口经过(T)口流到油箱，即不影响活塞缸的角度。当有一定电流通过阀(3)时，则(P)口压力增大(因为要抵抗电磁力形成的压力)，即内齿轮泵及变角活塞缸之间的压力增加，推动伺服油缸移动、改变了摆动油缸的倾角，使排量改变。一般来说，电流越大，可调整变量泵的排量就越大。其电流值由操纵盘上的电位计控制。

由上述可以看出，电磁压力调节阀是本回路的核心，内齿轮泵的供油压力由它来调节，整个回路应理解为调压回路。

4. 锁紧回路

钻杆夹持器用于孔口夹持钻杆，这里采用了使用单向阀和使用液控单向阀的联合锁紧回路，结构比较简单。在夹持器的三位六通阀的进油路上装有单向阀，在夹持油缸回路上装有液控单向阀。

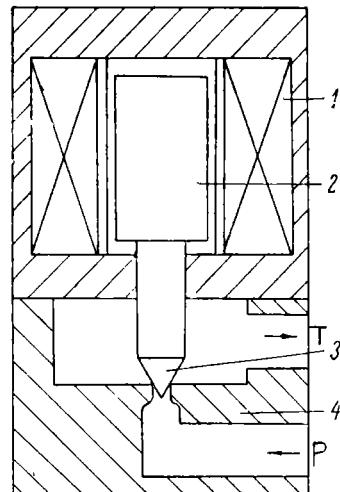


图 3—2

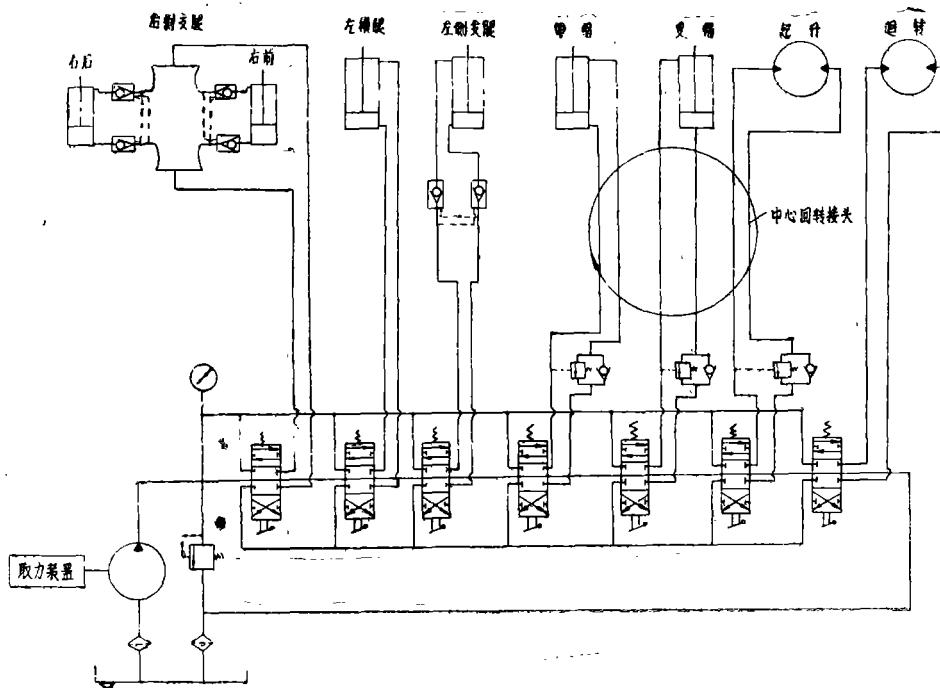


图 3-3

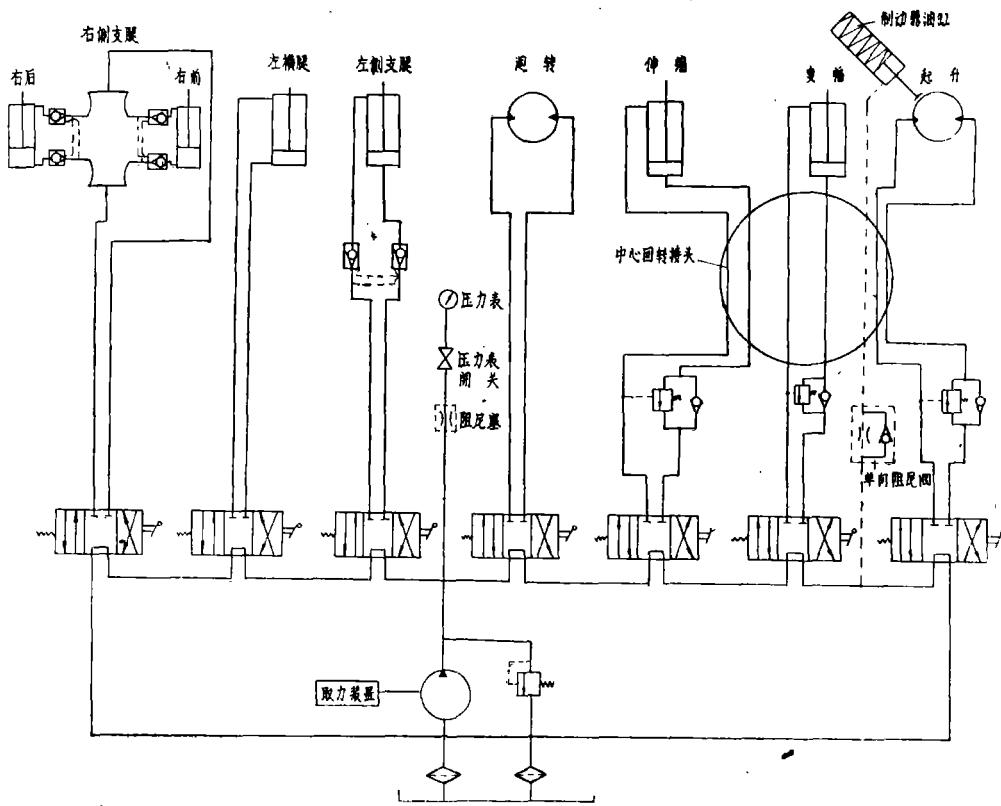


图 3-4

二、随车吊液压系统

目前，随车吊已广泛使用于各勘探队，大部分是以解放CA10B汽车为基础的。图3—3，3—4表示了三吨随车吊的两种液压系统原理图。

油路阅读和简要说明

以图3—3为例，其起升、回转、变幅、吊臂伸缩和支腿收放等全部工作装置均为液压传动和操纵。齿轮油泵由取力装置驱动后，从液压油箱吸入低压油，滤油器可以防止脏物进入液压系统。调压式溢流阀用来调整系统的工作压力（40—100公斤/厘米²），高压油经手动换向阀组输送到各执行机构，操纵该阀组各手柄即可实现所有单个动作或组合动作。

考虑现场起重的方便，随车吊的中心立柱偏左侧（以司机方向为准）。为保证负荷后车箱的平衡，增加了左侧横腿油缸（行程650毫米），使左支腿离开车箱一个距离，有利于平衡。右侧与一般汽车吊相似，在右前侧和右后侧分别有一个支腿（称右前、右后支腿）。

中心回转接头用来解决起升、变幅、伸缩机构在回转过程的液压管路连接问题。其固定体与旋转体之间有六道环形槽，分别通六条油路。结构见图3—5。

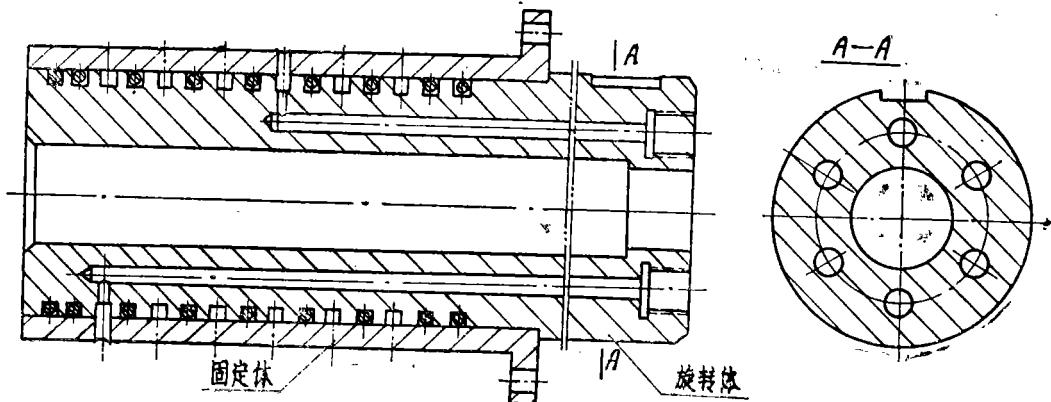


图3—5

回转机构是YMC—40型油马达（石家庄煤机厂产品）通过齿轮减速箱和蜗杆—蜗轮减速带动中心立柱，可作360°全旋转。

起升油马达也是YMC—40型，与回转马达可以互换。起升机构是油马达通过两级齿轮减速带动卷筒，使吊钩升降。为防止自由落钩，在卷筒一侧附有防止逆转的制逆装置，该装置与起重机上的棘轮停止器相似。

在图3—4所示随车吊的液压系统中，制动器油缸用来制动起升马达，制动器的控制是由起升油路自行实现的。其上闸弹簧调整应保证在超负荷试车时不产生任何滑溜现象，此时开启压力约为20—25公斤/厘米²，制动器油路上装有单向阻尼阀，在起升时，马达先建立一个初步压力，同时压力油压缩上闸弹簧，制动器开启，开始上升。制动时换向阀返回中位，油泵卸荷，在上闸弹簧弹力作用下立即刹车。下降时，平衡阀调整压力与制动器开启压力相近，在平衡阀打开时，制动器缓慢开启，减少冲击同样的道理，当控制阀返回中位时，制动器立即刹车。

系统分析

1. 多缸控制回路

随车吊中执行元件一般为八件，均由一台齿轮泵供油，属多缸控制。是采用串联还是采用并联控制回路呢？一般而言，取决于是否有平行动作的要求，有平行动作时应采用并联控制回路。随车吊中，由于基本上不存在平行操作的要求，因此采用串联控制回路（图3—4）或并联控制回路（图3—3）均可以。

当然，多缸串联控制回路有很多缺点（见第二讲）。如三个或三个以上的换向阀串联配置使用时，阻力大，油泵不易达到无负荷操作。但是考虑随车吊属断续工作机械，发热不是主要矛盾，因此这点影响不大。

必须指出，多缸并联控制回路优点较多，是一般多见的系统。

2. 平衡回路

随车吊的起升、变幅和吊臂伸缩机构的油路系统中都装有平衡阀。平衡阀又称支撑阀，结构与单向顺序阀相似，一般用于靠重力作用载荷能自由下降的液压系统中，以保持载荷位置和控制载荷下降时运动的平稳性。

图3—6中，当载荷提升时换向阀应处于右位，此时油泵的压力油由A管经单向阀（5）进入B管，推动液压马达旋转，提升终止时单向阀（5）关闭，防止泄漏，以保持载荷位置。载荷下降时，油泵的压力油换到C管，通过遥控口打开溢流阀（4），同时B管的压力油（建立与载荷平衡的压力，即阻力）经过溢流阀（4）将压力能转变成热能流回油箱。如果马达此时没有受到反压力（俗称背压），运动就不平稳，容易产生振动。而增加平衡阀后，使其产生背压，可以提高工作的稳定性。这里调整压力不宜太高，只需达到动作平稳没有“点头”、“冲击”现象即可。调整压力太高，会使油温急剧上升。

3. 锁紧回路

支腿放下后，工作腔油不得渗出，以保证作业时支腿不会自行收缩。在行驶中要保证支腿不会自行松动落下，造成行驶事故。还要考虑到工作进行中，一旦发生系统中软管破裂等意外情况时，支腿仍要起作用避免造成严重事故。因此，支腿的工作可靠性是保证随车吊正常工作的重要条件。

这里采用了液控单向阀锁紧的回路，系双向液压锁，锁紧程度比较高。如果采取使用换向阀的锁紧回路，由于滑阀内部的泄漏，会产生缓慢回缩现象，影响正常工作。

4. 制动部分

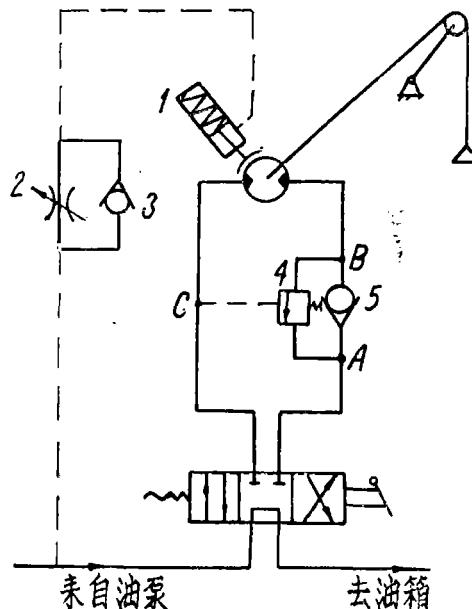


图3—6

图3—3中起升机构采用了机械制动。

图3—4中采用了液压制动。该液压制动的核心是制动器油缸。无论提升和下降，只要有压力油通过，则上闸弹簧（1）即压缩，制动器开启。阻尼阀（2）可使弹簧避免冲击，弹簧逐步压缩，制动器也逐步开启。制动时不起阻尼作用，可立即刹车（参看图3—6）。另外，从液压基本回路中知道，顺序阀也可起制动作用，例如：当三位四通阀从左位移至中位时，由于远控口没有压力了，顺序阀（4）关闭，则B管中油的反压力迫使马达不能继续转动，从而制动。但是阀存在的可能泄漏使马达制动往往不够可靠，会出现重物缓缓下降情况。为此，图3—4中专门设计了制动器油缸起制动作用。而顺序阀与单向阀组合成平衡阀，在这里的主要作用是建立反压，提高工作稳定性，故不应再作制动回路来理解。

三、液压半自动外圆车床的液压系统

这里介绍的液压半自动外圆车床是加工锁接头、钻杆接箍等钻具的专用线中的一台。该机床结构简单，操作方便，调整容易，生产效率较高。

油路阅读和简要说明

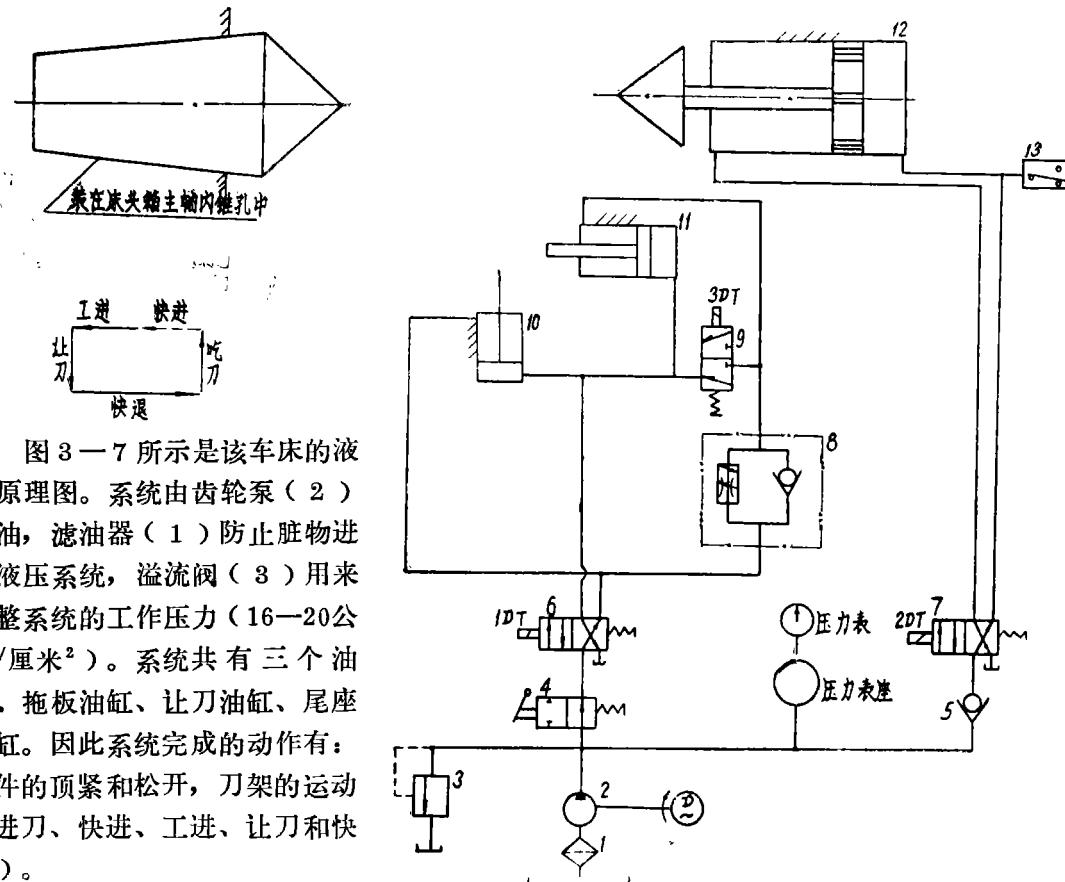


图3—7所示是该车床的液压原理图。系统由齿轮泵（2）供油，滤油器（1）防止脏物进入液压系统，溢流阀（3）用来调整系统的工作压力（16—20公斤/厘米²）。系统共有三个油缸、拖板油缸、让刀油缸、尾座油缸。因此系统完成的动作有：工件的顶紧和松开，刀架的运动（进刀、快进、工进、让刀和快退）。

1.工件的顶紧和松开

当二位四通电磁换向阀（7）的电磁铁2DT无电时（图示位置），压力油进入尾座油缸

图3-7

(12) 的后腔，驱动活顶尖前进，以顶紧工件。

电磁铁2DT有电时，压力油进入尾座油缸的前腔，推动活顶尖后移，将工件松开。

2. 刀架的运动

刀架的快进、工进和快退运动由主油缸(11)完成，主油缸(11)的有效行程为400毫米；让刀油缸(10)用来实现刀架的进刀、让刀动作，工作时油缸(10)先使刀架横向前进很小距离(2毫米)，将刀具靠上工件(进刀)，然后油缸(11)驱动刀架纵向快进和工作进给(加工接头母扣时，没有快进，起步即工进)。加工接头公扣和钻杆接箍时，快进到距工件5毫米时转为工进)。切削完毕，为防止退刀时划伤已加工表面，首先油缸(10)驱动刀架退离工件(让刀)，然后油缸(11)驱动刀架快速退回。整个动作循环可见图3-7左侧所示。各阀动作情况及油路走向如下：

当工件被顶紧以后，按下启动按钮，电磁铁1DT和3DT带电(图示为无电状态)，压力油经手动开关阀(4)、二位四通电磁阀(6)同时至主油缸(11)和让刀油缸(10)的后腔；与此同时，让刀油缸(10)的前腔油经电磁阀(6)返回油箱。而主油缸(11)前腔油经二位三通阀(9)与来自油泵的压力油汇合一起，再次充入主轴缸的后腔，这样的差动油路实现了刀架快进。应当说明，此时有一部分油液经单向调速阀(8)中的调速阀、电磁阀(6)流回油箱，由于流量很少对快进速度影响不大。

当快速前进到调定位置时，挡铁压下行程开关，通过电气控制使3DT失电，切断上述的差动油路。此时主油缸(11)前腔回油经单向调速阀(8)中的调速阀、电磁换向阀(6)返回油箱，由于回油管节流控制，故刀架由快进转为工进，进给速度快慢可通过调速阀无级调速。

当切削终了时，刀架的挡块碰到终点行程开关，使换向阀(6)的电磁铁1DT断电，该阀的阀芯在弹簧力作用下移至图示位置。齿轮泵压力油经手动开关阀(4)和电磁换向阀(6)以后，一路直接到让刀油缸(10)的前腔，另一路顶开单向调速阀(8)里的单向阀进入油缸(11)的前腔。首先仍是让刀油缸(10)先动，实现让刀后，主油缸(11)驱动刀架纵向快速退回，此时两个油缸的后腔油均经换向阀(6)返回油箱。

当快退至活塞碰到缸盖时，运动停止。

3. 其他

本系统没有主轴制动回路，当刀架切削终了快退时，通过电气线路使床头箱电机断电，刀架快退过程中，主轴只靠惯性旋转，待将要松开活顶尖时，主轴转动已很慢，借助此惯性力一般可实现自动落料。

系统分析

1. 调速回路

本机床刀架主油缸采用了回油路上装调速阀的调速方案，工作比较平稳。当然，节流调速的很大缺点是效率较低，但是由于机床进给功率较小，提高效率和减少发热不是主要矛盾，因此选用结构简单、成本低、使用维修方便的节流调速系统是合理的。

2. 快速运动回路

机床工作部件作快速运动时一般都是在空载情况下进行，这时要求流量大而压力较低，

这和切削过程中一般需要的流量较小和压力较高的情况正好相反。本系统采用了差动回路，以保证在不增加油泵排量的情况下提高快进的速度。当然在类似系统中，能实现快进的方法很多，例如使主油缸前腔油卸荷也可实现快进。

3. 两个油缸的顺序动作

让刀油缸和主油缸的顺序动作是将两油缸并联，靠它们的负载压力不同达到的。即让刀油缸动作所需的压力低，而主油缸动作所需的压力高，所以尽管两油缸同时接通，但只有当让刀油缸先到头以后油压进一步升高，主油缸才能动作。这就保证了两油缸顺序动作的要求。该方式很简单。

4. 顶紧油路

本机采用的顶紧油路基本与图2—15所介绍的锁紧回路相同，系应用单向阀使活塞锁紧在行程终端的系统。当刀架快进时，压力要下降，但是由于单向阀的作用，仍能保持顶紧。当然，也可象图2—17所示采用有蓄能器的回路，可是又增加了费用。实践证明，只采用单向阀的回路可以满足工作需要。

另外，为保证安全，一定要在工件顶紧后才允许主轴转动和刀架工作，同时也只有主轴停止转动后才允许松开工件（实际上是在主轴很慢转动的情况下松开工件）。这是由电液联合保证的。当压力油进入尾座油缸后腔，将工件顶紧后，油液压力升高，压力继电器（13）将控电电路接通，主轴电机才有可能动作。当主轴旋转时，通过电路使电磁铁2DT不可能通电，以保证工件可靠地处在顶紧状态，可避免因操作错误而发生故障。

再者，本回路中电磁换向阀（T）系无电顶紧，这样有利于安全作业，比较合理。

结 束 语

拟定液压系统原理图是液压传动设计的重要一步。如前所述，一台机器的液压系统虽然比较复杂，但是它总不外乎是由一些基本回路所组成，这些基本回路具有各种功用，如工作压力的调整，运动速度的调节和方向的控制等。因为全局是由它的一切局部构成的，掌握了实现这些基本功用的液压基本回路，对于分析设备的液压系统或设计某一机器的液压系统都会有较大的帮助。（完）