

## 44. 液压技术在金属加工业中的应用

### 44.1 液压技术在铸造机械中的应用

#### 44.1.1 概述

用铸造方法生产金属零件毛坯具有制造方便、快捷经济等一系列优点,特别是对于大批量生产结构复杂的零件更为突出。据统计,按零件重量计,拖拉机行业的60%~70%,汽车行业的40%~50%和机床行业的65%~80%为铸件,世界铸件年产量近7000万吨。因此铸造生产对金属加工业具有十分重要的作用。

铸造工艺工序极其繁多,所用设备的种类与结构也千差万别,通常分为普通砂型铸造和特种铸造两大类,铸造设备的品种总数超过400种,其中许多都采用液压技术。基于铸造生产的现场环境十分恶劣,因此要求铸造设备的液压系统及元件能在高温、潮湿、多粉尘和有害气氛条件下能可靠地正常工作,同时要便于操作和维修。铸造设备中采用液压技术的主要有造型、制芯及特种铸造等机械,其中以造型生产线和压铸机最具代表性。

#### 44.1.2 SJ1140型压铸机液压系统

SJ1140型卧式冷室压铸机为国产第一台数控压铸机,它配备自动定量浇注机、取件机械手、压铸型喷涂装置和压铸件成型检测装置等自动辅机组组成压铸FMC,通过数控系统对所要生产的压铸件工艺参数、机器工作程序、生产数量等的预设,实现全自动压铸生产。因此具有自动检测、显示与自动调控功能,压铸工艺参数的自动控制精度小于4%。机器的公称合型力4000kN,压射力1800~4000kN(可调),慢压射速度0~0.3m/s,快压射速度0.15~5m/s,增压建压时间0.03~0.25s,浇注液态金属的质量最大为4.5kg。因此液压系统必须满足数控的要求,所有工作参数能实现精确的自动调控。

图44.1-1为SJ1140型压铸机液压系统原理图。(图中所示为机器的原位状态。)

压铸机的液压系统最主要的特点是在快压射过程中压射缸的活塞运动速度很高(本机的最大速度为5m/s以上),且有良好的可调性,因此需要解决超大流量( $q_{\max} \geq 5500\text{L}/\text{min}$ )的压力油源和流量调节方向阀;另一点是在快压射停止的瞬间,压射缸中的油压必须

在极短的时间(小于0.03s)内由工作压力上升到所要求的增压压力值,这就必须有快速响应的增压控制阀和超大流量的增压压力油源。由于市场上没有能满足上述性能要求的控制阀,故需专门设计。而超大流量的压力油源则采用了蓄能器供油,从而可以选用合理排量的泵以节省能耗。

根据数控的要求,本系统采用了电液比例控制技术与元件,对一般压力、流量等进行控制和调节,而压射部分则设计了经济型数字阀和快响应增压控制阀。为了保证元件和系统可靠地工作,充分考虑了液压油的过滤、冷却和液压系统的安全防护等措施。

机器液压系统的全部液压能源由泵站部分提供。它包括液压泵、油箱及压力、流量、过滤、冷却、液位等控制与安全保护等元件和装置。液压泵为双联叶片泵,低压泵1提供较大的低压流量,供轻载快速运动的需要,工作压力由卸荷溢流阀6控制在4MPa。而高压泵2则主要用于各执行元件大负载驱动和蓄能器充液,其工作压力由电液比例压力阀4控制,但最高工作压力则由溢流阀5调定在13MPa。比例压力阀4根据压铸机不同的动作要求随时控制液压系统的工作压力。压力继电器3为安全防护措施,它可在溢流阀5、比例阀4失控时保证系统的安全。

为了保持液压油的清洁度,系统设有吸油过滤器和回油过滤器,真空压力继电器可在过滤器堵塞时发出报警信号。循环过滤泵40用于液压油的连续过滤,其过滤回路上的过滤器同样装有压力继电器和安全单向阀,在滤芯堵塞时,指示清洗滤芯并保护泵。

电磁水阀41用来控制油冷却器的冷却水,当油箱中液压油的温度低于40℃时,冷却水关闭,高于时自动打开,以保证油温在适宜的范围内。油温计除控制水阀41外,在油温超过规定的60℃时,还自动报警。液位指示计可保证油箱内油面低于规定值时发出信号报警并停止泵运转,以保护泵。

压铸机典型的动作程序如下:

关闭护门→插入动型芯→合型→插入静型芯→(浇入合金液)→压射(慢压射→快压射→增压)→(冷却)→抽静芯→开型并跟出→抽动芯和开护门→顶出→顶出回程→压射回程。

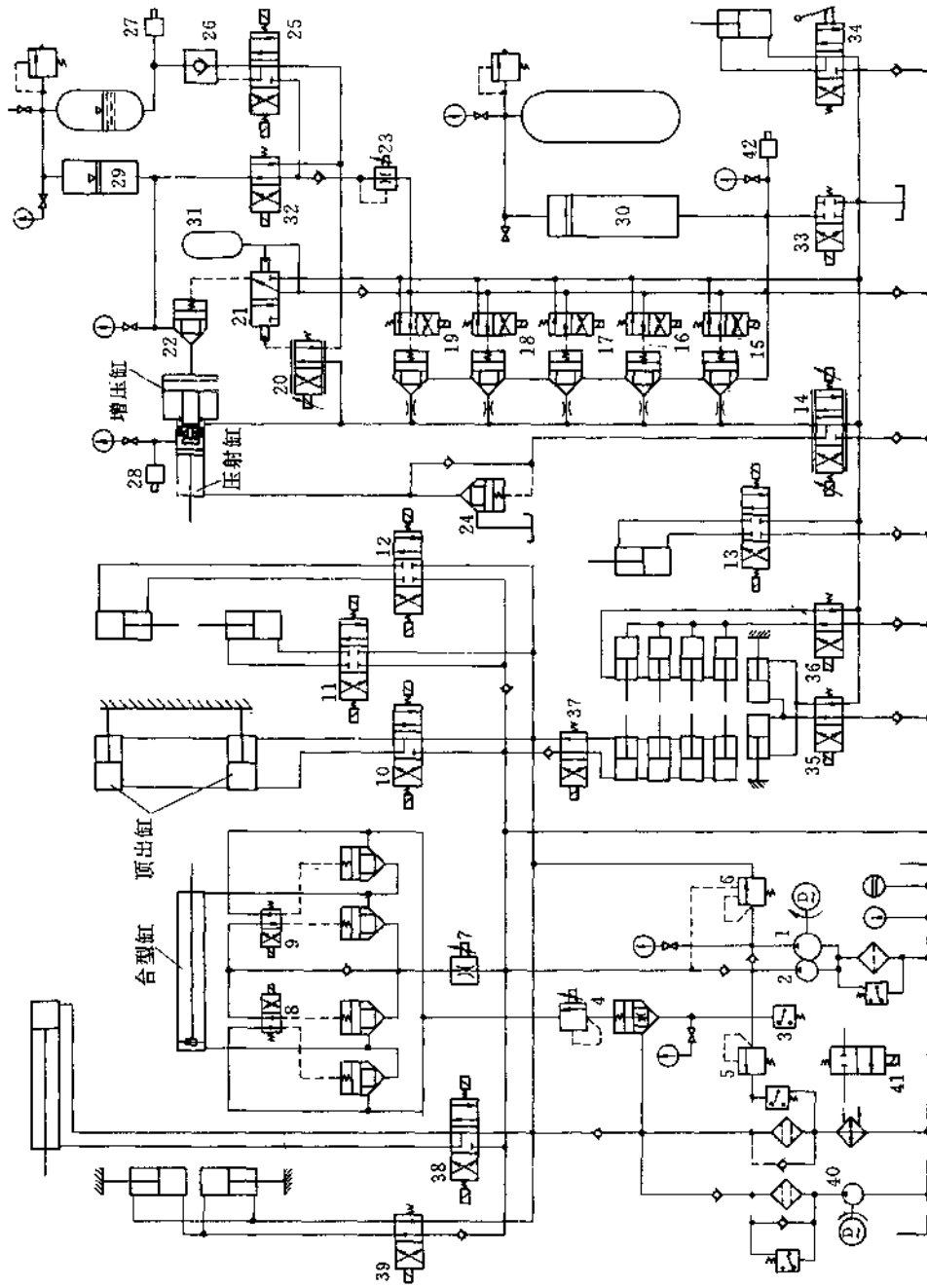


图 44.1-1 S11140 型压铸机液压系统

**合型** 电磁阀 8 通电,来自泵站的压力油经锥阀推动合型缸右行,通过曲肘连杆机械扩力机构进行合型,其速度由比例节流阀 7 进行调节,而压力则由比例压力阀 4 调控。为减少空行时间,合型启动后应尽快平稳加速,快速合型可通过差动实现,即电磁阀 9 也通电,使活塞杆腔压力油回到活塞腔。在压铸型即将闭合前,必须使系统工作压力降低到 2MPa 左右用以保护压铸型,在压铸型分型面接触亦即确认无障碍物后,比例压力阀 4 立即使管路压力升到 13MPa,全力完成最后合型动作。电磁换向阀 11、12 为动芯插入与抽出控制阀,而阀 13 为静芯抽插控制阀,其动作顺序根据压铸件的工艺要求而由数控系统调定。合型到位后,限位开关发出允许压射的信号与指令。

**压射** 允许压射指令发出后,即可将定量的金属液浇入压射室,然后进行压射动作。首先进行慢压射,即使金属液充满压射室容腔,压射速度由比例方向流量阀 14 控制,当金属液进入内浇口时,立即开始快压射,使金属液按调定的流速充填型腔,快压射速度由数字阀 15~19 控制,它可组合出 31 种速度,保证快压射速度在 0.15~5m/s 的范围内进行调节,使调定速度与实际速度值误差小于 4%,具体调节由数控系统根据实测值与调定值的比较结果而进行优化组合调节,如果连续 5 次自调仍超过允许的范围,则自动报警,以示有机械故障。由于快压射需要巨大的高压流量,故设置了蓄能器 30,它保证压射过程中液压油的压力波动小于 10% 而不必用大功率的液压泵。快压射停止即充型结束的瞬间,为了获得高密度的紧实压铸件,必须在金属液尚未凝固前立即施加高压(即增压),使之在 50MPa~142MPa 的压力下凝固成形,而此增压压力必须在 0.03s 的时间内达到(指最快的要求),因此专门设计了增压控制阀 21,它保证在压射缸活塞运动停止的瞬间便打开阀 22,迅速启动增压器。活塞式蓄能器 29 同样是为增压时提供超大流量的压力油。增压压力的大小由比例减压阀 23 控制并经阀 25 和 26 通过改变增压蓄能器的充气压力和工作压力来实现。压力传感器 27 检测蓄能器的实际压力值并与压射缸的压力传感器 28 一起检测压射力的实际值,再由数控系统比较调定值进行调控。比例方向流量阀 20 用来调节增压建压时间,使之可在 0.03~0.25s 的范围内任意调节,以满足不同压铸件的要求。

压射完成后,机器保持合型与压射状态,等压铸件冷却时间到时后,阀 20 动作,关闭增压阀 22,快压射数字阀关闭(同时阀 15 开启),开始进行开型与跟出动作。

作。

**开型** 保压冷却计时到时后,电磁阀 8 断电,同时电磁阀 9 通电,合型缸活塞左行并通过曲肘扩力机构打开压铸型,即完成开型动作。(若有静芯插入程序,则阀 13 先换向抽出静芯后才启动开型。)与开型的同时,慢压射比例方向流量阀仍维持压射状态快压射阀 15 接通,压射活塞左行进行跟出直到终了。开型到位后,在启动防护门打开(为气动)的同时,顶出阀 10 换向,顶出缸右行进行压铸件顶出(若有动型芯插入程序,则须先由抽芯阀 11、12 换向抽出动芯后方能启动顶出)。顶出行程到位,经延时阀 10 换向,顶出缸返回,与此同时,阀 14 换向、阀 15 断电,压射活塞返回直到原位。至此一个工作循环即告结束。

为适应数控工作的需要,机器有压铸型快速夹紧装置,当压铸型装入时,阀 36、37 通电,卡具松开,定位后立即断电,压铸型便被准确固定,而卸下压铸型时,只需阀 36、37 断电即可,从而实现模具的快换。为了便于大型压铸型的装卸,机器有一根拉杆可以抽出,它由电磁阀 38 控制抽出缸来实现。在抽出和插回拉杆时,阀 35、39 先将拉杆两端的开合螺母打开,当拉杆插回到位后,阀 35、39 断电,开合螺母便卡住拉杆,机器便可开始工作。

根据不同压铸件的需要,本机的压射缸有三个压射位置,其变换可由阀 34 使其升降到所要求的位置。

当机器需较长时间停止工作或维修时,为了安全原因,可用阀 32、33 使增压和压射蓄能器中的压力油卸压。

## 44.2 液压技术在锻压机械中的应用

### 44.2.1 概述

许多种类的锻压机械很早就采用液压传动,利用水压机进行锻造、冲压加工锻件已有百年以上历史。而当代液压技术水平的不断提高更能适应锻压工艺技术的发展对锻压机械提出的更高要求,故液压传动在锻压机械中的应用更加广泛。

目前全液压传动或主传动的液压传动的锻压机械有各类液压机、液压剪板机、液压板料折弯机、液压锤、液压螺旋压力机电热锻机等几大类组。其中通用、专用液压机就有几百种之多,用于锻造、模锻、厚板及薄板冲压、挤压、压印、弯曲校正压装、胶合板刨花板纤维板等热压成形、粉末制品及瓷砖耐火砖等压制、人造金刚石等超硬材料合成、金属及非金属打包、金属屑压块等工作。

液压传动作为辅助传动的锻压机械有径向锻机(锤头、夹头的液压送进)、大型辗环机(辗压辊的径向送进、端面轧辊的轴向压下)、机械压力机的液压垫及过载保护装置等。

随着锻压机械加快工作速度提高生产率的要求, 液压系统向高压(20~32MPa)、大流量、大功率方向发展(例如, 热锻液压机高压泵流量达几千升/分, 功率大于1000kW), 插装阀的应用愈加广泛。为了适应人造金刚石等超硬材料合成、静液挤压、液压胀形、高压水切割等要求高比压成形工艺的开发与应用, 超高压液压(工作介质压力为100~1400MPa)技术也相应得到快速发展。

#### 44.2.2 人造金刚石液压机

人造金刚石液压机专门用于合成人造金刚石、立方氮化硼等超硬材料及其复合片、聚晶等产品。它由主机、增压器、液压传动装置、加热装置、电气控制装置等组成。其主机为上、下、左、右、前、后六面加压的液压机, 故又称六面顶压机。我国从1965年研制成功6×600吨液压机以来, 已先后研制与开发出6×800吨、6×1200吨及更大吨位的品种, 目前国内已拥有近4000台, 是我国人造金刚石行业的主要设备。

主机结构见图44.2-1, 它由六个铰链梁1及12根销杆7构成封闭的立方体受力机架。铰链梁内分别装有六个超高压液缸2, 其工作内压100~150MPa。六缸活塞3同步前进, 通过垫块4、硬质合金顶锤5、对

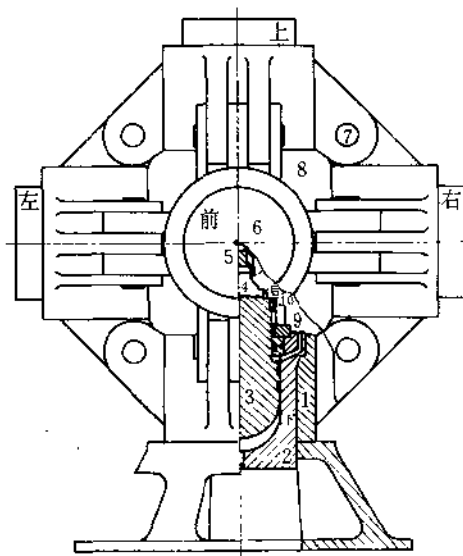


图 44.2-1 六面顶人造金刚石液压机主机

正六面体工件6(为叶腊石块, 其中间的合成腔内装有碳片、触媒片等组装件)在六个方向施加6000~12000kN的压制力, 在叶腊石腔体内建立6000~6500MPa的超高压压力, 并长时间(一般几分钟至十几分钟)保压。在此期间利用工件内部电阻进行加热, 在叶腊石腔体内形成1300℃~1400℃高温条件。压力、温度、时间控制是人造金刚石合成工艺的关键。压机工作时, 操作者通过三个相邻的铰链梁之间的窗口8来取放工件、调整顶锤等, 故要求窗口与压机中心距离要尽可能短, 压机要体积小, 故而采用超高压液压传动。合成工艺还要求设备的液压系统具有优异的同时、保压等性能。

液压原理图示于图44.2-2。液压系统由中高压系统、超高压系统两部分组成, 由增压器16、六个超高压液控单向阀6、7、8、9、10、11隔开。这样超高压元件最少, 大部为标准化的超高压元件。系统中的超高压油是由单作用增压器16产生, 增压器大小柱塞的面积比为7.3, 即高压泵1的油压为14MPa时, 可产生100MPa的超高压油压。超高压二位七通阀17用来连通与切断增压器与六个超压缸。超高压表18用来显示超高压油压。压力传感器19接于缸后, 它与压力显示器相匹配, 可以预选、实测、数字显示与控制10点油压, 可很方便地根据不同的合成工艺设置10个不同的油压发讯控制点。直控平衡阀4是用于平衡活塞重量、建立回程背压、防止缸中进气。六缸中的下、左、后三缸活塞调整至叶腊石块的定位位置, 无空程行程。行程开关4~6SQ为超程限位保护之用。上、右、前三缸活塞有空程与回程行程, 便于敞开压机的工作空间, 取放工件6(图44.2-1)。上、右、前三缸活塞空程前进的停止位置、超程限位、回程限位由三个组合行程开关1~3SQ发讯控制。

压机的液压电控系统设有半自动、分段、调整三种工作循环。以半自动为例, 说明液压系统的动作。电机启动后, 液压泵1空负荷运行。工作开始后, 电磁铁1、4、5、6、7、8YA通电, 泵1排出的压力油经单向阀、三位四通电磁阀2、3及三个节流阀20、21、22, 三个电磁阀、三个液控超高压单向阀6、7、8进入上、右、前三缸, 驱动其活塞空程前进。回程的油经阀4、3回油箱。当上、右、前三缸活塞前进至三行程开关1SQ<sub>-1</sub>、2SQ<sub>-1</sub>、3SQ<sub>-1</sub>调定位置时, 先后发讯使其相应电磁铁断电, 使相应活塞锤头运动暂时停止, 此时接通控制暂停的时间继电器延时2~3秒后发讯, 使电磁铁1、4、5、6~11YA通电, 压力油经阀2、3、20~25、六电磁阀、6~11

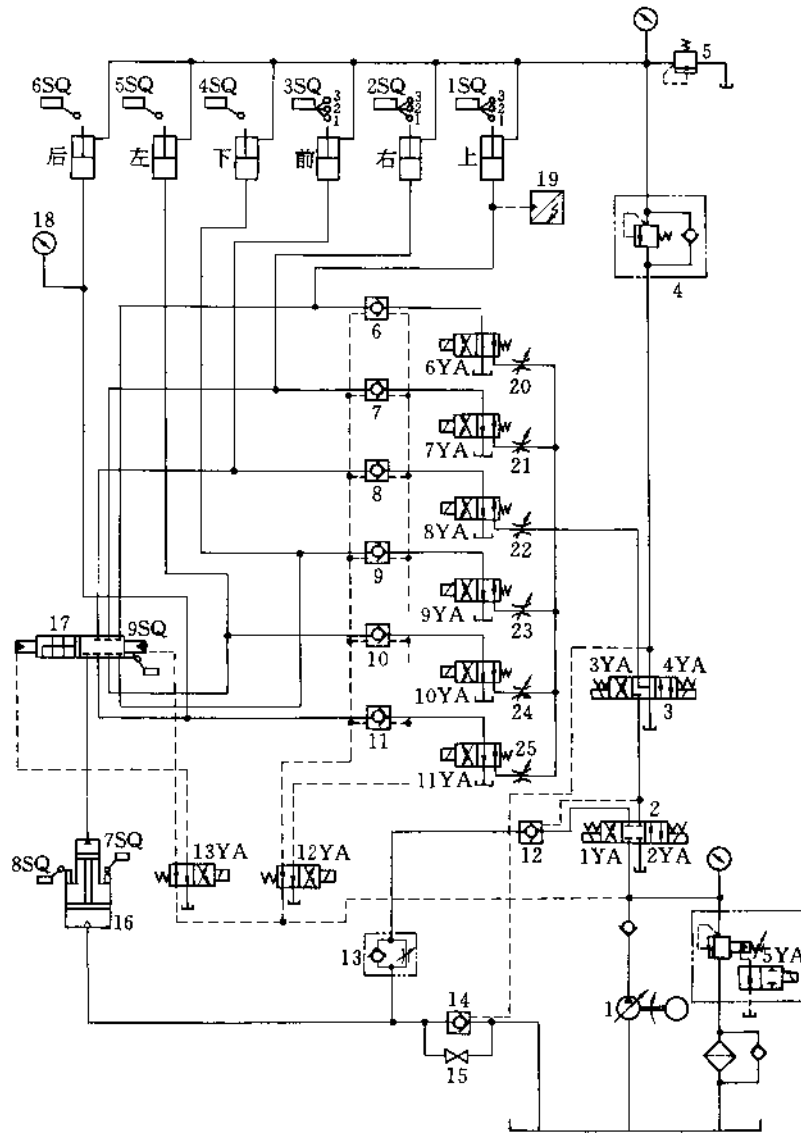


图 44.2-2 人造金刚石压机液原理图

进入六缸进行充液行程,此时要求六活塞锤头对叶腊石块进行同步压缩,六活塞的同步行程速度用节流阀 20~25 进行调节。充液加压时油压逐步升高,当油压升至压力显控器预调点时发讯,使上述电磁铁断电,同时接通电磁铁 2、5、13YA 连通超高压,此时压力油经阀 2、12、13 进入增压器大缸进行增压,同时阀 17 处于连通状态,从增压器输出的超高压油经阀 17 分别进入六个工作缸内,推动六活塞锤头对工件超压压缩。当油压升至压力显控器的上保压压力点时发讯,电磁铁全断电,此时液控单向阀 6~11、12、14 全封闭,系统处

于停泵保压状态,时间继电器开始保压计时,同时开始加热并计时。在保压期间若有压降,压力显控器下保压点发讯补压,即电磁铁 2、5、13YA 通电,连通超高压补压,当油压升至压力显控器的上保压点时发讯,系统再次处于保压状态,依次反复,直至保压时间终了。压力显控器保压上、下预置点间的压差即保压期间的压力波动,可达到 3%~5%。当达到预定保压时间后,1、5、13YA 通电,压力油使阀 17 处于连通状态,并通过阀 2 后顶开阀 12,使增压器大活塞腔原来封闭的高压油经阀 13 的节流口到阀 12、2 回油箱,其卸压速度

由阀 13 节流口大小来调节。卸压后油压降至压力显控器的调定值时发讯,增压器回程,这时 1、3、5、13YA 通电,压力油经阀 2、3、4 进入六缸回程腔,此时增压器仍保持卸压状态。控制油将液控单向阀 14 顶开,使增压器大活塞腔的油同时又经阀 14 回油箱,此时由于六缸回程腔进油,使六缸活塞腔的油推动增压器回程,当回至最低位置时,行程开关 8SQ 发讯,1、3、5、12YA 通电,压力油经 12YA 电磁阀顶开超高压液控单向阀 6~11,使六个缸的油分别经阀 6~11、六个电磁阀回油箱,实现快速回程。见图 44.2-1,下、后、左三缸活塞回程行程由三个相应的限位环 9 与三对可调节的限位螺母 10 限定。上、右、前三缸活塞回程行程由三个组合行程开关 1~3SQ 的相应触点限定,此时工作腔敞开,便于操作者取入工件 6,进行下个循环的压制。

六缸同步性能是设备的关键技术之一。为了提高同步精度采取了以下主要技术措施:

#### (1) 六缸同步行程起始点重复精度控制

充液前、六顶锤 5 前端面与压机中心等距离的偏差在每次压制时重复精度要高。下、左、后三锤头靠精确调节限位螺母 10 来保证;上、右、前三锤头空程前进的停止位置是由高精度行程开关 1~3SQ 来限定。

#### (2) 充液同步控制

- 液压元件动作同步:6~10YA 六个电磁阀要同时打开,其动作时间的重复精度要高,保证六缸同时进油充液。

- 同步节流调节:通过 20~25 六个节流阀调节同步精度,但其调节范围、灵敏度及稳定性有一定局限。故还应采取以下措施。

- 平衡阀消除六个活塞重量的影响:直控平衡阀 4 用来消除上、下活塞与周围四个水平活塞重量影响的差异。

- 液压系统放尽气;加背压防进气:六个缸均设超高压排气阀,试车时排尽缸与系统中空气。在易进气的回程长管路系统中由于有平衡阀 4,建立背压,有效地防止进气。系统中若有空气存在将严重破坏同步性能,尤其在超高压状态。

- 六缸管路系统阻力均匀一致:六个超高压缸内活塞导套间隙均匀一致、密封圈预压量要均匀一致,使其摩擦阻力尽量相同;六套管路弯头数目、管道长短、阀块中内孔通道油阻也要相同,以保证充液同步。

#### (3) 超高压下同步控制

阀口、密封、管接头等处超高压下均不得有渗漏,否则同步无从谈起;工作油液在超高压时,压缩率

较大,加实测在 100MPa 时,30 号机油的压缩率为 7%,即若六缸工作内腔长度偏差 2mm 时,引起的同步误差就达 0.14mm,故六个缸及活塞长度尺寸也应控制在一定公差范围内,才能保证同步精度。

#### (4) 卸压同步控制

合成工艺(尤其压制柱状聚晶时)要求六个缸卸压同步性能好,除主机六套缸梁刚性相同外,液压系统在超高压压制后,增压器 16 的中压系统打开阀口卸压,此时应保证六个缸连通均匀、平稳、同步卸压。

生产实践证明,采取以上技术措施后,六个缸的同步精度可达 0.1~0.2mm。

### 44.2.3 自动辊锻机

自动辊锻机(以下简称自动机)在汽车、拖拉机、农业机械、动力机、航空以及工具制造工业中已广泛应用,一般多用于制坯,经常与模锻设备配套使用、进行长轴件的拔长工序。

自动机装有四对辊锻模(即有四个工位),每对辊锻模的间距相等,原以当自动机上的机械手臂夹钳夹住锻件横移到下一工位时定位要准,误差应小于 0.5mm。

自动机机械手臂夹钳横向移动机构见图 44.2-3。

手臂夹钳横向移动的产生是通过外摆杆轴 11 带动装在同一轴上的控制摇臂 10 进行摆动,迫使横向驱动缸 9 动作,由于横向传送缸 8 和横向驱动缸 9 形成封闭油路,两液压缸活塞直径尺寸又相同,因此可以实现 1:1 的比例传递行程。

横向移动可用控制摇臂 10 实现无级调节,在横移滑板架 12 上装有挡块 3,以保证手臂夹钳横移位置的准确,定位精度可达到 0.3mm,挡块 3 的位置可以调节,以适应不同的模具间距。

手臂夹钳横向移动的液压系统见图 44.2-4。

辊锻开始时,阀 A、阀 C 均处于“0”位,阀 B 处于“1”位,当外摆杆 11 向后摆动(图上往右摆动,即辊锻开始进行),横向驱动缸 9 的活塞向左移动,将左腔的油压向横向传送缸 8 右腔,此时横向缸 8 右腔的总压力大于左腔的总压力,使撞块 2 紧靠在挡块上,保证辊锻时手臂夹钳无横向移位。当外摆杆向前(图上往左)摆动而使手臂夹钳纵向送进时(即手臂夹钳回向前死点),横向驱动油 9 右腔的油被压入横向传送缸 8 左腔,因而横向传送缸 8 使手臂夹钳向下一个模腔横移,快到定位点前,撞块 2 的斜面克服挡块 3(图 44.2-3)的压力将其抬起,当外摆杆摆到前死点时,撞块 2 滑过

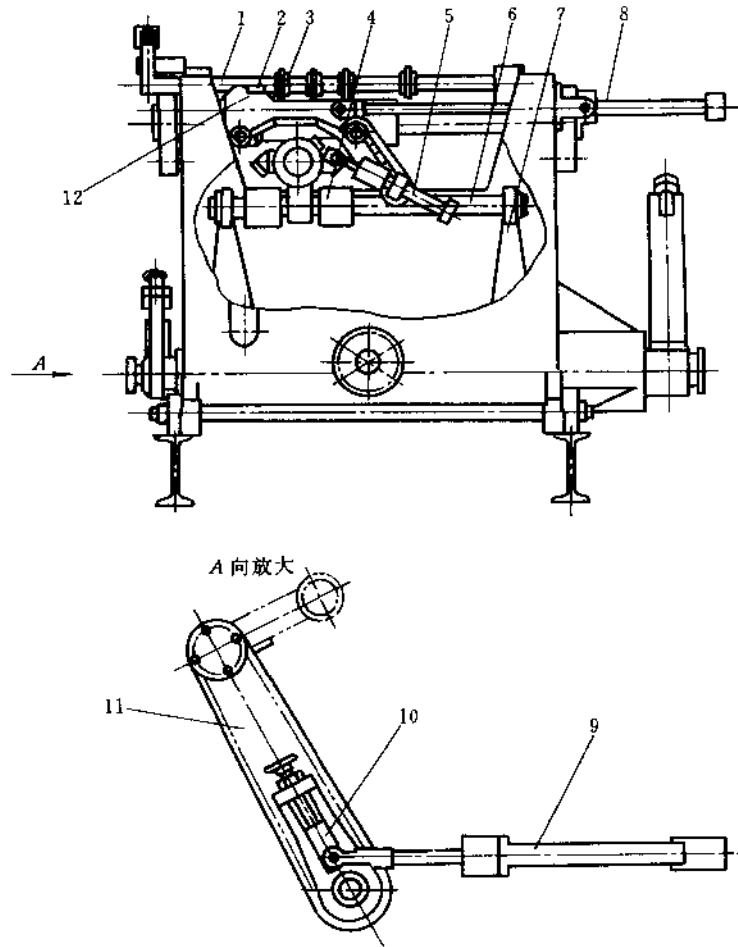


图 44.2-3 手臂夹钳横向移动机构

1—限位轴;2—撞块;3—挡块;4—叉形杆;5—旋转液压缸;6—导向横轴;7—内双头摆杆;8—横向传送缸;9—横向驱动缸;10—控制摇臂;11—外摆杆;12—横移滑板

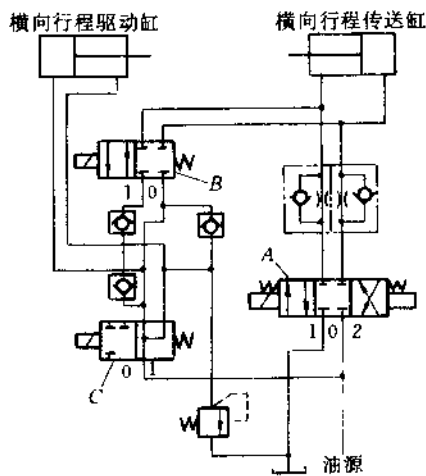


图 44.2-4 夹钳横向移动液压系统

挡块, 阀 C 切换到“1”位(由辊锻机上和上轧辊轴相联的凸轮开关发讯), 高压油源与两液压缸的各腔相通, 在压差作用下横向传送缸 8 使撞块 2 反靠到挡块 3 上, 使手臂夹钳定位, 随即阀 C 返回到“0”位(也由凸轮开关发讯), 开始第二工位辊锻。

手臂夹钳如此依次重复横移到最后一个工位。辊锻完毕, 气缸使限位轴 1 转动, 并使装在其上的挡块 3 抬起, 此时阀 A 在“1”位, 阀 B 在“0”位(也由凸轮开关发讯), 横向传送缸 8 将手臂夹钳推回第一工位后, 气缸停气, 靠气缸内的弹簧压力使限位轴反转, 挡块 3 又重新复位。

手臂夹钳横向移动调整(即点动)时, 阀 B 在“0”位, 同时阀 A 如在“2”位时, 手臂夹钳向右横移。阀 A 如在“1”位时, 手臂夹钳向左横移, 此时气缸使限位轴

1 转动,将挡块 3 抬起。

#### 44.2.4 Y26-630 精冲压力机

强力压边精密冲裁机简称精密冲裁机或精冲机,它的优点是,精冲件尺寸精度高,表面质量好,可实现少、无切削加工,从而大大提高了生产效率和材料利用率。

Y26-630 精冲压力机是国内自主开发的液压力式精冲压力机。该机结构简单,传动平稳,通过流量调节,容易按工艺要求实现对滑块运动特性的控制,压边力与反压力也可无级调节。此外该机还采用了先进的球感尺技术,可以在主缸全行程中任意位置都能发出电信号,控制电磁铁动作。

Y26-630 精冲压力机液压系统按供油压力分成了三大块,分别如图 44.2-5(a)、(b)、(c)所示。主泵 1 采用的是 Vickers 公司的负载敏感泵,输出最大压力和最大流量分别由比例调压阀 2 和节流阀 3 调定。4 为放油阀,5 为安全阀,6 为单向阀,7 和 8 组成了电磁溢流阀。双联齿轮泵 39 与元件 36~41 和 66~70 分别组成两个低压油源,原理与高压油源基本相同。现以一个冲压全过程来说明液压系统的工作原理。

##### (1) 快速接近

为提高工作效率,在模具接触到工件前的大部分行程,主缸需快速向上运动。本机采用增速缸结构,增速比为 1:10。当得到启动信号后,电磁阀 46 通电,增速缸压力限制在 80bar。电磁阀 42 通电,插装阀 43 通。同时电磁铁 13 和比例调速阀 11 通电,插装阀 14 通。这时由增速缸和主泵联合向主缸供油,主缸快速向上。当达到顶定位置时,电磁阀 42 断电,插装阀 43 关闭,增速缸停止运动,转为由主泵单独向主缸供油,即慢速冲裁。

##### (2) 慢速冲裁

根据不同料厚,慢速冲裁的速度可由比例调速阀 11 无级调节。主泵最大压力由比例调压阀 2 调定,为 25MPa,主缸对应的最大输出力为 6300kN。随着主缸慢速向上,最先接触到工件的是压边圈和反压板,与之对应的是压边缸和反压缸,压边既可从上往下压,也可从下往上压,现以第一种情况来说明工作原理。压边缸和反压缸内充满了零压力的液压油,受到挤压后压力上升,因此虽没有油源供给,但随着主缸不断向上运动,压迫反压缸和压边缸内油液,所以压边缸与反压缸内的压力  $p_1$  和  $p_2$  仍可升到比例电磁阀 52 和 58 的调定值。单向阀 53 和 54 及单向阀 47 和 48 的功能等同

于一个梭阀,具有选通作用。压力缸内升高的压力油通过单向阀 53。换向阀 55,进入插装阀 56 的控制腔,使阀 56 关闭,确保升高的压力油不会经阀 56 回流,因此油源压力虽为 8MPa,但压边缸内压力仍可升至 20MPa,阀 51 和 57 为安全阀。

由于压边缸的压力很高,强大的压边力使压边圈上的 V 形齿嵌入到工件中,阻止工件在冲裁过程中的径向移动,使之在三向应力状态下形变,这样冲出的零件表面质量好,这也是精密冲裁与普通冲裁的重要区别之一。

当模具接触到工件时,冲裁开始,在此瞬间比例阀 58 将压边缸的压力由 100% 迅速切换到 40%,压边缸压力下降;否则主缸的很大一部分压力将消耗在抵消压边力上,冲裁力将大打折扣。

主缸运行到上死点,冲裁结束,电磁铁 13 延时断电。这段极短的延时即为保压时间。

##### (3) 快速回程

主缸向上运动时,电磁阀 16 处于断电状态,插装阀 19 通,回程缸回油。冲裁结束后,球感尺发出信号,阀 16 通电,插装阀 17 通,回程缸带动主缸快速返回。电磁阀 28 通电,液控单向阀 82 打开,使回油路通。阀 46 断电,使增速缸下腔保持 3MPa 的背压。由于主缸向上运动是由增速缸与主泵联合供油,因此增速缸的大活塞回到下死点后,主缸仍未回到初始位置。增速缸大活塞与小活塞可以脱开,主缸内的油推动小活塞继续下行。小活塞回到下死点,主缸内的油通过大活塞与小活塞脱开后的间隙流经吸油管 83 回油箱,主缸回到初始位置。阀 46 调定的回油背压为 3MPa,保证了在大活塞回到下死点前小活塞不脱开。

在回程过程中,比例阀 52 和 58 的压力切换到反压缸压力的 10% 左右,同时电磁阀 49 和 55 顺序通电,插装阀 50 和 56 通,因此反压缸和压边缸复位,同时完成顶件与卸料工作。

##### (4) 自动上下料及其它

阀 71 至 80 分别控制七个缸,实现自动上下料和自动换模。

若来料较长或是卷料,就需把冲过的废料剪断。阀 20 至 27 控制着废料剪的剪切与回程。电磁铁 24 通电,插装阀 21、27 通,废料向上剪切,剪切力由阀 20 调定。电磁铁 23 通电,插装阀 22、26 通,废料剪向下回程。

阀 59 至 65 控制封闭高度的调节和自动抛料。抛



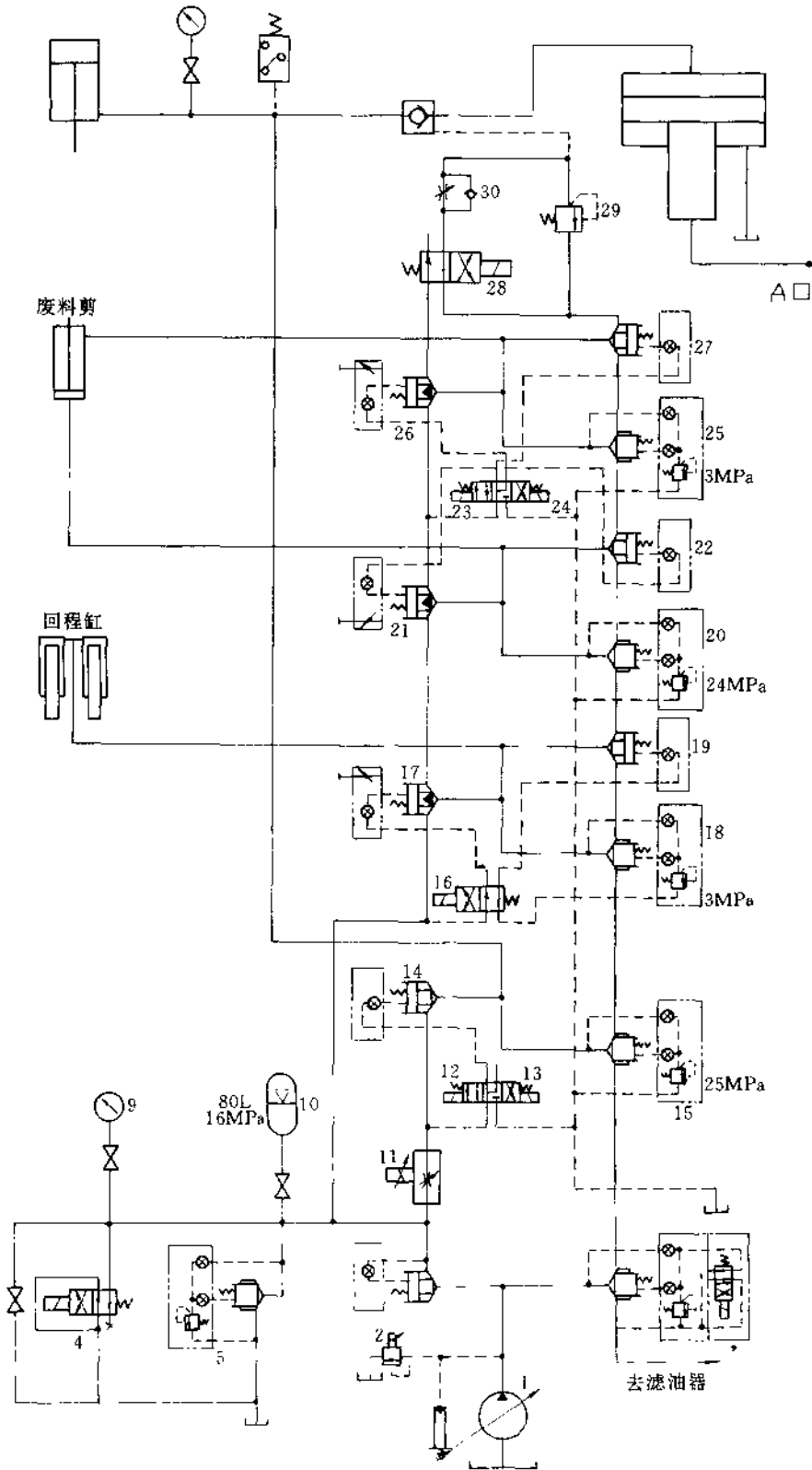


图 44.2-5 Y26 630 精机力机液压系统(a)

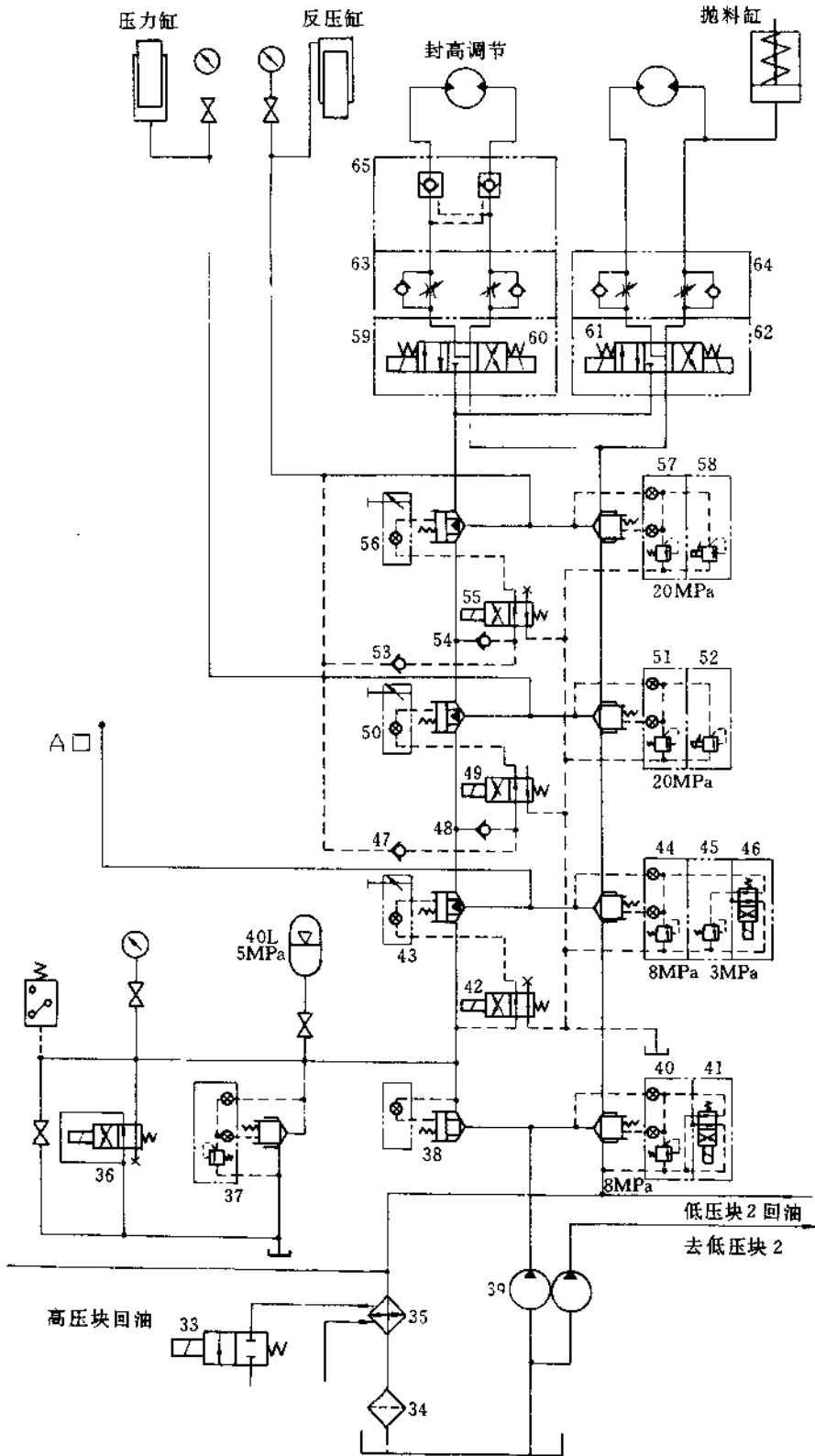


图 44.2-5 Y26 630 精冲力机液压系统(b)

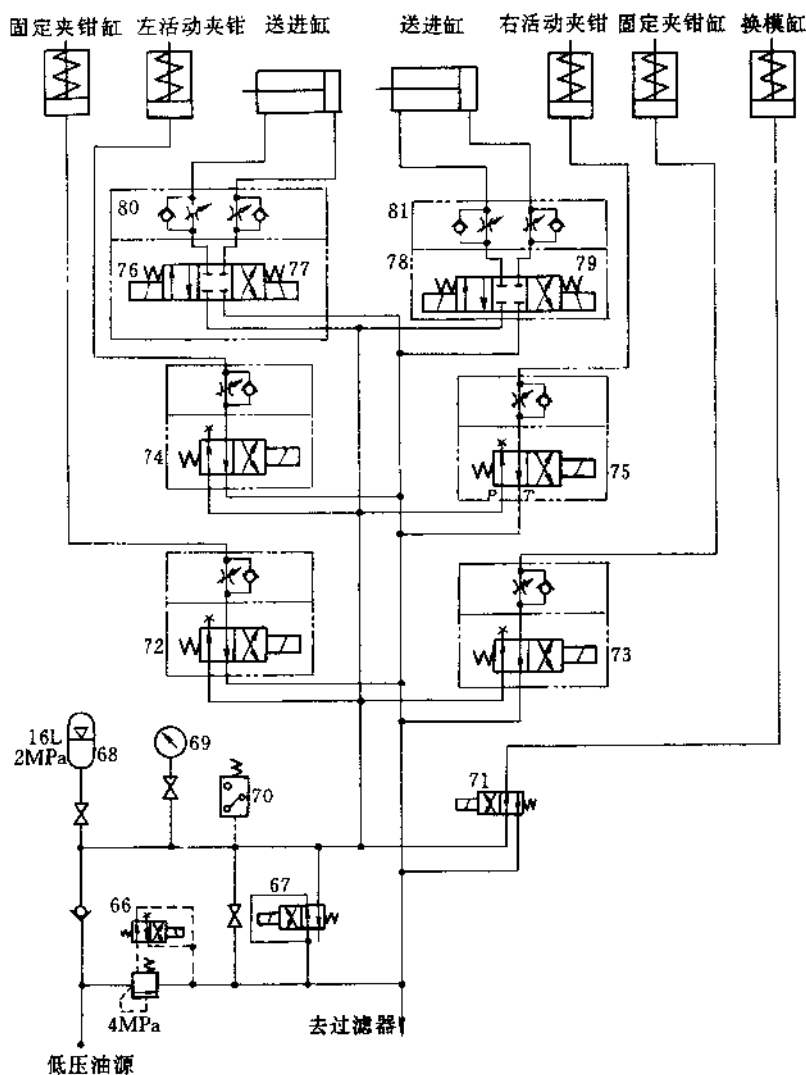


图 44.2-5 Y26-630 精冲太力机液压系统(c)

料机构为一对由液压马达驱动的辊子和一个夹紧缸。当电磁铁 62 通电, 夹紧缸工作, 辊子夹住板料, 同时旋转, 把料抛出。

### 44.3 液压技术在金属切削机床中的应用

#### 44.3.1 概述

液压传动以其特有的优点在金属切削中得到了广泛的应用, 虽然近几年电子技术领域的发展特别是交流伺服系统及变频调速等技术的飞快发展, 大有取代液压传动的趋势, 但液压传动以其重量轻, 灵活性好, 通用化程度高, 运动平稳以及成本低等优点仍然在广

泛地被采用, 并始终在机床行业占有非常重要的地位。

液压传动在金属切削中所起的功能主要为: 在机床进给运动中实现大范围无级调速; 实现平稳换向快速运动; 在仿形加工机床中采用液压伺服系统, 仿形精度可达到  $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ; 实现多种辅助运动, 如: 夹具、齿轮换挡、更换刀具、工件定位、分度装置、输送等。

#### 44.3.2 组合机床及加工自动线

组合机床及加工自动线属专用设备, 目前主要用于汽车和摩托车箱体类零件的加工, 由于一台机床可同时对零件的多个部位进行自动加工, 使其效率特别高, 满足了大批量生产的需要。

图 44.3-1 为一条小规模加工自动线机床分布图。此自动线由 3 台组合机床单机组成。即 I 工位立式钻孔机床、II 工位双面卧式机床、III 工位双面卧式机床、液压系统采用集中泵站,每一台机床的控制阀组安装在自己床身上,相当于一个子系统。每台机床由滑台、侧底座、多轴箱、动力箱、夹具组成。动力箱带动多

轴箱完成刀具主运动,滑台用液压驱动实现多种进给运动(快进、一次工进或二次工进和快退等)。

此外,除主运动外,还有输送、夹紧、转位、翻转等辅助运动。机床进入自动循环状态后,自动线完成对工件的自切削加工。

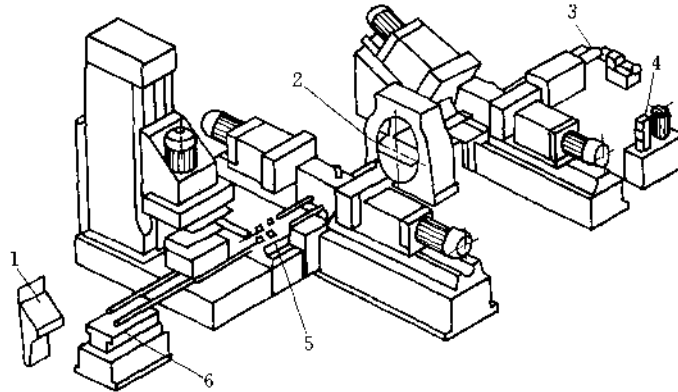


图 44.3-1 组合机床自动线的组成示意图

1—中央操纵台;2—翻转鼓轮;3—排屑装置;4—液压泵站;5—转位台;6—工件输送装置

图 44.3-2 为此自动线液压原理图,集中供油系统主要解决的问题是力求功率损失最小,并防止各子系统之间压力干扰,同时要考虑系统可靠性和安全性。

此系统由能源部分和 3 个子系统组成。能源部分由限压式变量泵配相应容积的蓄能器组成,向各子系统提供充足的液压能源,保证压力范围在 5.5~7MPa 之间。当子系统需要流量时,泵和蓄能器同时向系统供油;当液压缸停止或处于工进状态时,泵再向蓄能器充油,充到变量泵的调整压力(系统的上限压力)时,泵自动调整到零输出流量。这样,可以控制系统发热到最低限度。此外由于泵源压力总保持在一定范围内,满足各负载的需要,所以避免了各分支机构之间的压力干扰。阀 40 和 41 的作用是使蓄能器中的压力油在机床不工作(1DT 断电)时全部卸荷,一是提高蓄能器的使用寿命,二是使系统安全可靠,避免事故发生。

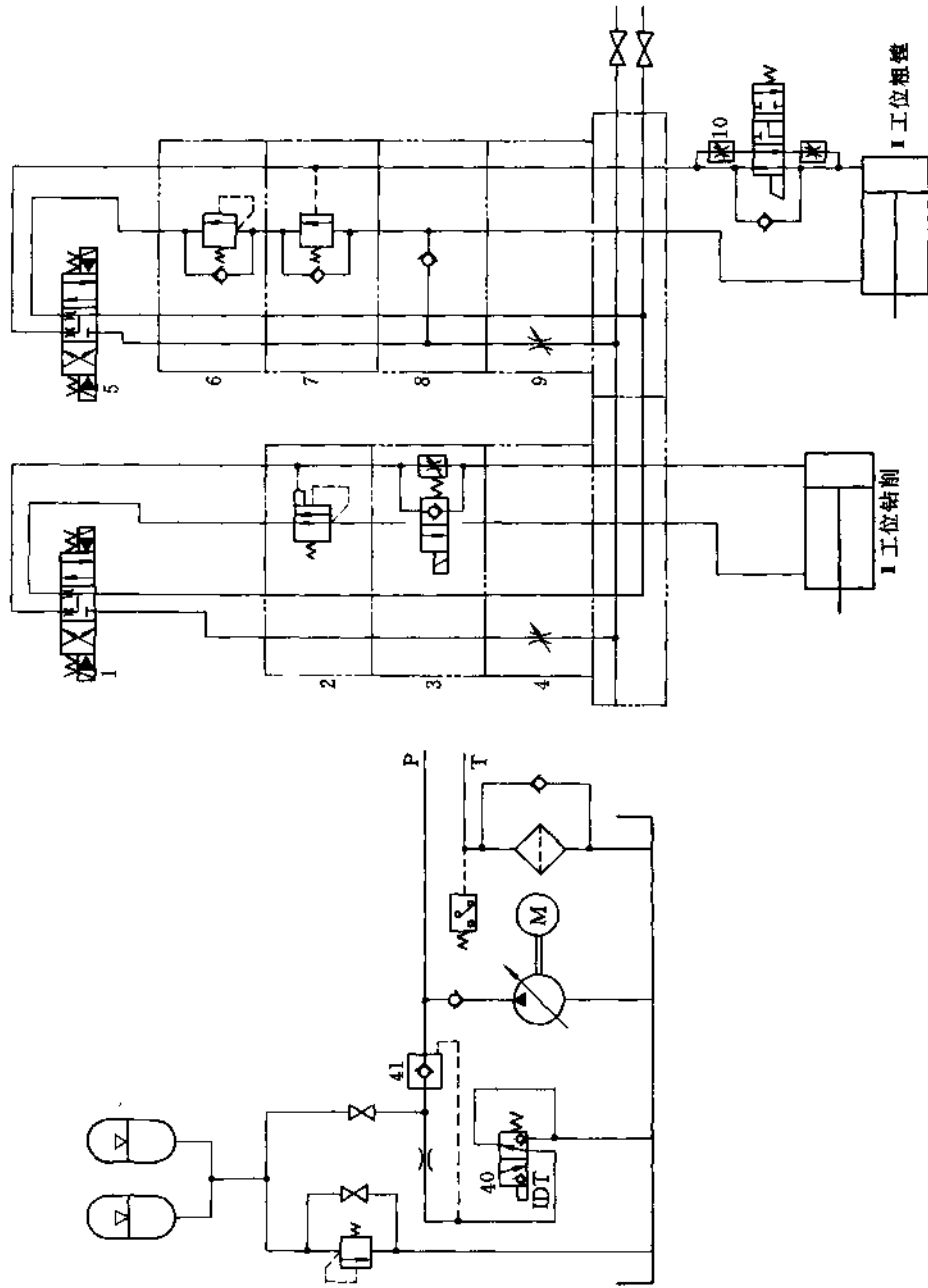
各分支的工作进给滑台采用进口节流调速加背压的调速方法。例如 I 工位钻削滑台快进转工进用行程阀转换,快进时顺序阀 23 关闭,液压油通过阀 25、24、21、39 进入液压缸,实现差动回路,以提高快进速度。当行程挡铁压到行程调速阀 39 时,控制压力将阀 23 打开,而单向阀 24 关闭,这时滑台处于慢速进给运动。

为了提高进给稳定性,设置了背压阀 22,通过调节背压力,增强系统刚性。这种进给系统原理在组合机床中大量采用。例如图 44.3-2 中有 II 工位粗镗、II 工位钻削、III 工位钻削、III 工位精镗。II 工位钻削快进转工进采用电磁转换,快进到位后,行程开关发信号使阀 3 断电实现慢速进给。阀 2 为顺序背压阀,当滑台快进时,处于全通状态,当阀 3 断电瞬间,控制压力将阀 2 推入背压状态,实现进给稳定。III 工位钻削的原理和此相同。如果系统进给要求非常稳定,也可采用进口调速加变背压阀来实现。例如:图 44.3-2 中阀 38 和阀 30 的组成,其背压的大小取决于加工负载的变化,这样系统刚性大大提高。

此系统除主运动外还有夹紧、转位、输送、翻转等辅助运动。为了防止工件夹紧力过大工件变形,一般都用减压阀(阀 12)来调节夹紧力,输送油缸行程长,速度快,因此用 18、19 实现差动回路。

系统配置过程中,许多分支系统采用差动原理,目的是节省泵的输出流量,以提高系统传动效率。

该组合机床自动线液压系统是目前国内外普遍采用的系统,广泛应用在汽车、拖拉机以及摩托车制造行业中。



(a)

图 44.3-2(a) 组合机床自动线液压系统图

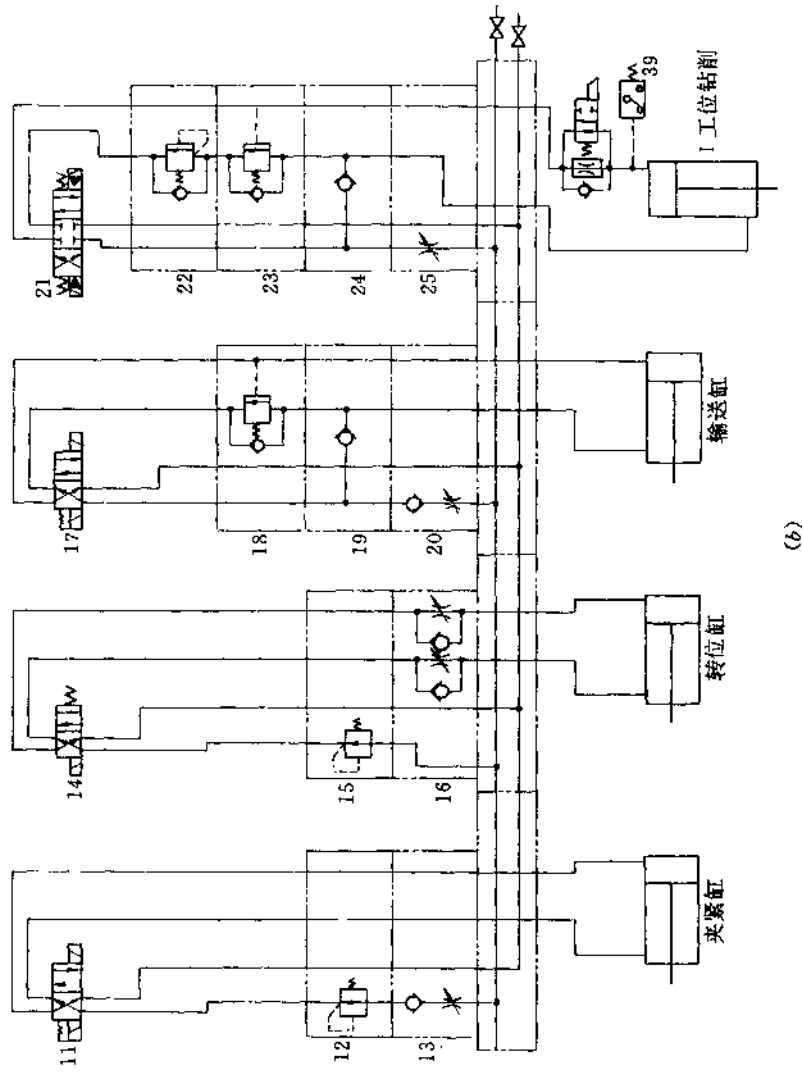


图 44.3-2(b) 组合机床自动线液压系统图

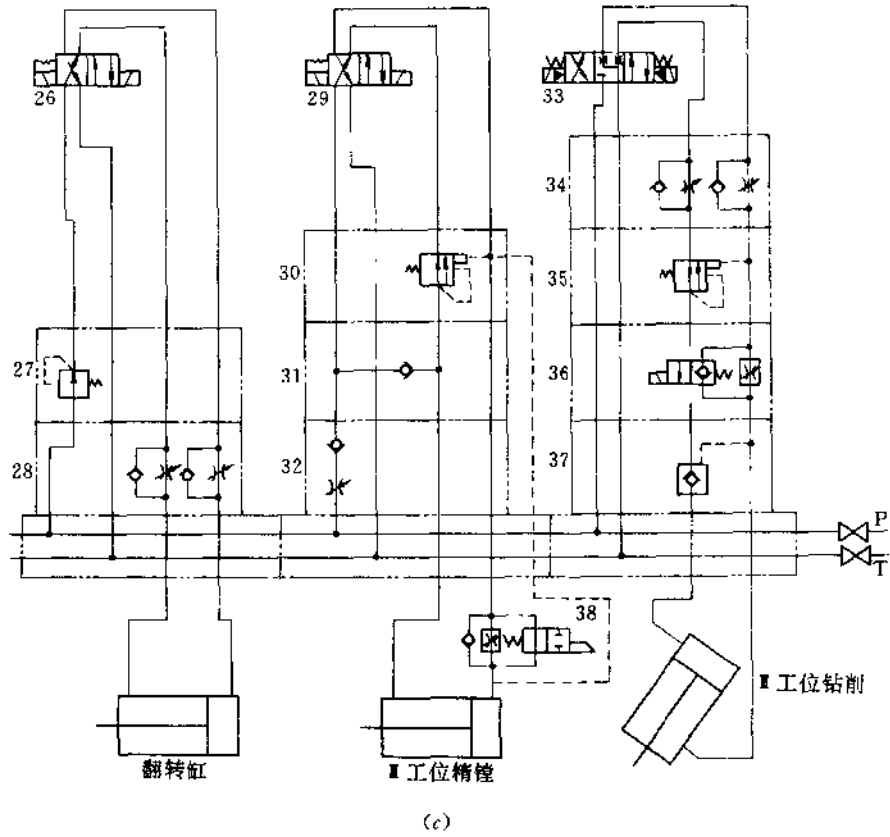


图 44.3-2(c) 组合机床自动线液压系统图

44.3.3 数控机床及加工中心

数控机床和加工中心属通用设备,数控机床只完成工件的某一部位的单工序加工,而加工中心可完成多部位多工序的加工。它们的共同之处是都采用计算机控制实现工件的自动化加工,并根据工件的不同改

变计算机程序,实现对不同种类的工作进行加工。

就液压系统而言,加工中心较单一的数控机床复杂得多,现就国内较先进的 ZHS-K63 加工中心为例说明液压系统的特点。液压原理图见图 44.3-3。

加工中心的主轴进给运动采用微电子伺服控制,

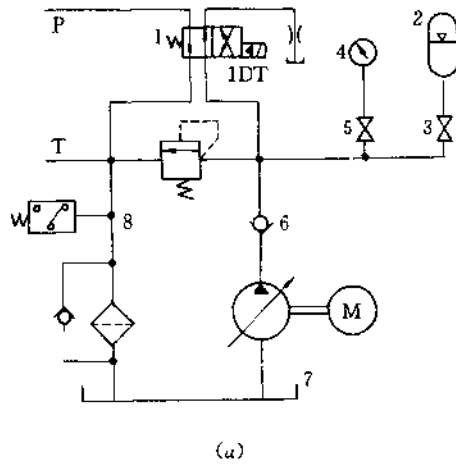
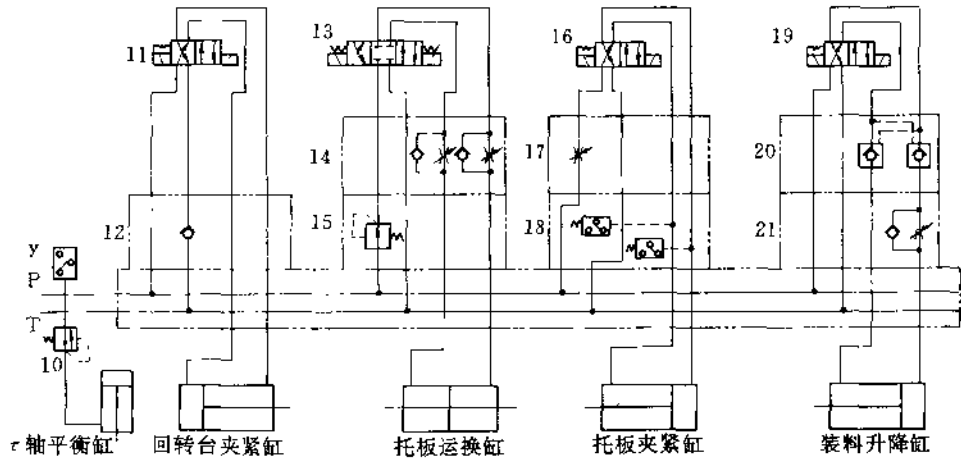
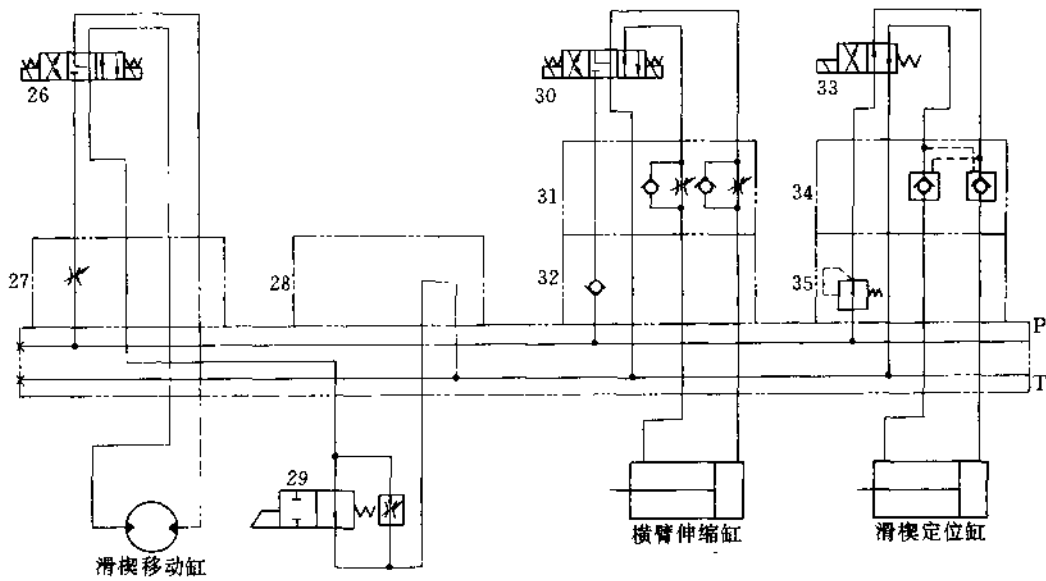


图 44.3-3(a) ZHS-K63 加工中心液压系统



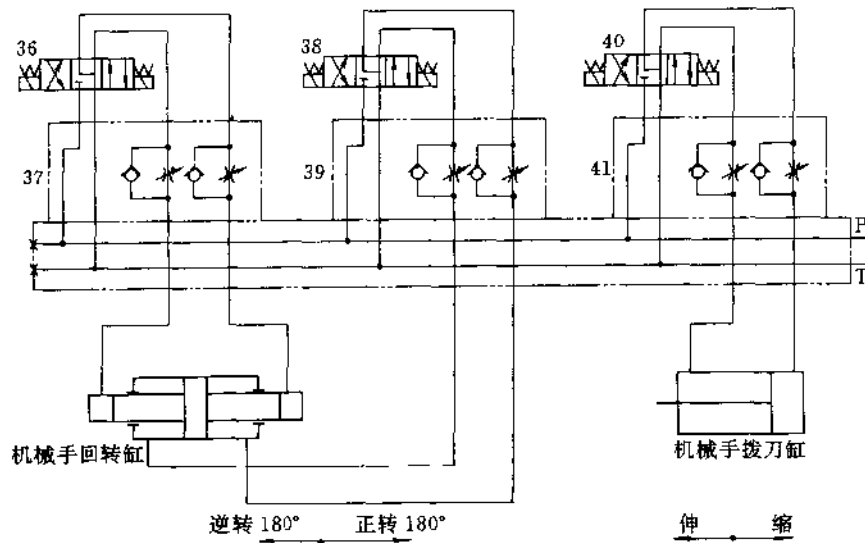
(b)



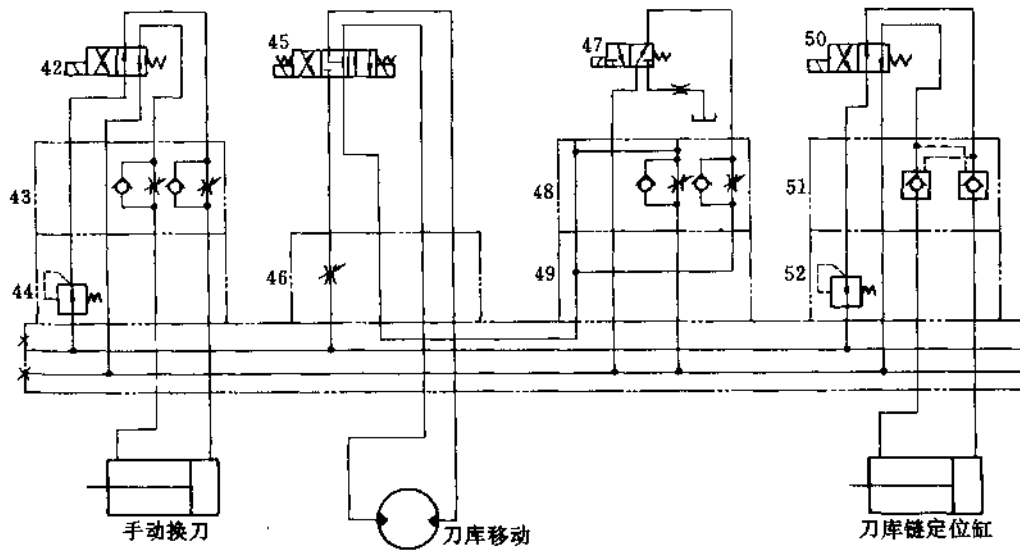
(c)

图 44.3-3(b)、(c) ZHS-K63 加工中心液压系统





(d)



(e)

图 44.3-3(d)、(e) ZHS-K63 加工中心液压系统

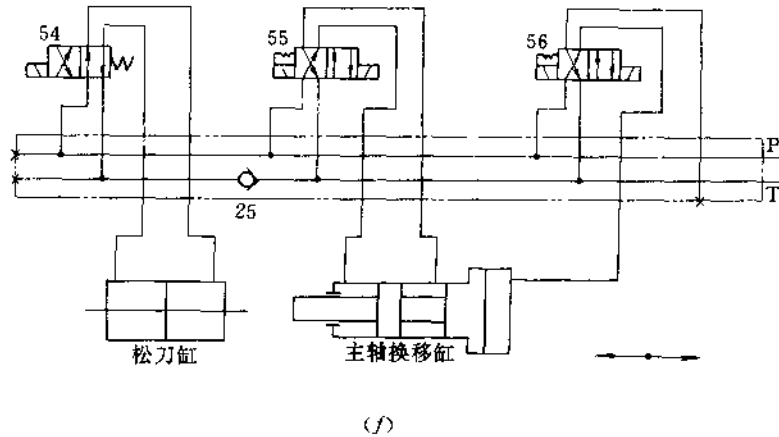


图 44.3-3(f) ZHS-K63 加工中心液压系统

而其它辅助运动则采用液压驱动。为了缩短机床的加工节拍时间,对辅助运动要求速度快,运动平稳。为了提高传动效率和最大限度地减少温升,液压能源部分尽量降低功率。K63 立式加工中心还采用了恒压支撑技术,目的是提高主轴传动精度。

油源控制部分集中在油箱上,原理采用限压式变量泵配蓄能器,向各分支提供稳定的液压能源。机床不工作时,蓄能器的油通过阀 1 慢速卸荷;当机床开动后,1DT 通电,泵向蓄能器充油,当充到变量泵调整压力时,泵的理论输出量为零,减少功率损耗,各分支系统所需流量由蓄能器和泵同时供给,系统主油路压力(P)总维持在一定范围内,一般在 5~6MPa 之间变化以满足负载的需要。

其它子系统分为 5 个阀组,分别安装在靠近执行部件的地方,一是减少管路,二是提高系统刚性。各运动部件速度换接均采用开关量控制,由加工中心电气控制系统提供程序控制。如各分支所需压力不同,可采用减压阀(阀 15、35、44、52)。

加工中心的滑楔移动惯量较大,为保证移动平稳,用行程调速阀(29)实现正反向平稳减速。不管阀 26 左右哪个电磁铁带电,滑楔移动液压缸接近终点时,回路中的行程调速阀(阀 29)挡铁压下,则速度缓慢降低。刀库移动的正反向运动惯量相对较小,所以用电磁阀(47)和单向节流阀(48)进行缓冲,2DT 带电侧速度由快到慢换接。

Y 轴平衡油缸即为支撑加工中心立柱丝杠的立式

油缸,为减小丝杠与螺母之间摩擦力,并保持摩擦力均衡,保证主轴精度,使用减压溢流阀(10)以维持 Y 腔压力在丝杠正反向旋转状态下都处于稳定状态。

本例中液控单向阀(20、34、51)起安全锁定作用,当电网失电或外负荷失常状态下,使缸锁在原地,提供安全保障。

回转台刚性较好,所以阀 11 左位带电夹紧和右位带电松开均不用减压阀,而且行程较短,不用节流阀调速。夹紧后,压力继电器 9 发信号,托板交换用三位换向阀 13 实现中间停止,以便进行位置调整,用双单向节流阀 14 调整液压缸正反向速度。在各子系统中,当负载只需较低压力场合,设置了减压阀(如阀 15、35、44、52)。托板夹紧和松开均由压力继电器 18 发信号。松刀缸及主轴换档缸均为短行程小直径,用油量很少,无需调节速度。阀 55 左位及 56 右位同时带电,主轴处于高速,阀 55 右位及 56 右位同时带电处于中速,阀 55 右位及 56 左位同时带电处于低速。

刀库移动、机械手回转、机械手拔刀、滑楔移动、横臂伸出这些执行部件均为正反向运动,其中位停止工艺上要求处于浮动状态,所以换向阀中位都是 Y 机能。

此加工中心液压系统中液压阀均为叠加阀,优点是结构紧凑,安装、使用、维护都很方便。

#### 44.3.4 半自动车床

半自动车床属于通用设备,是专门用来加工盘类、环类工件的机床。其生产率比普通车床提高了 3~5

倍,劳动强度大大减轻,其后还可纳入自动生产线中,适用于大批量生产。这种车床进给运动及各个辅助运动均由液压来完成。现就 C7632 多刀半自动车床为例说明液压系统的特点。

图 44.3-4 为 C7632 半自动车床外形图。液压执行部件有上刀架 1,下刀架 2,夹紧缸 8,液压离合器缸 10。

机床的启动和停止由液压离合器来控制,启动和刹车时间通过液压系统节流阀的调整来控制,起缓冲作用。

工件夹紧通过液压缸来完成,夹紧力大小可以通过减压阀来完成,上下刀架的横向和纵向合运动由液压来完成。

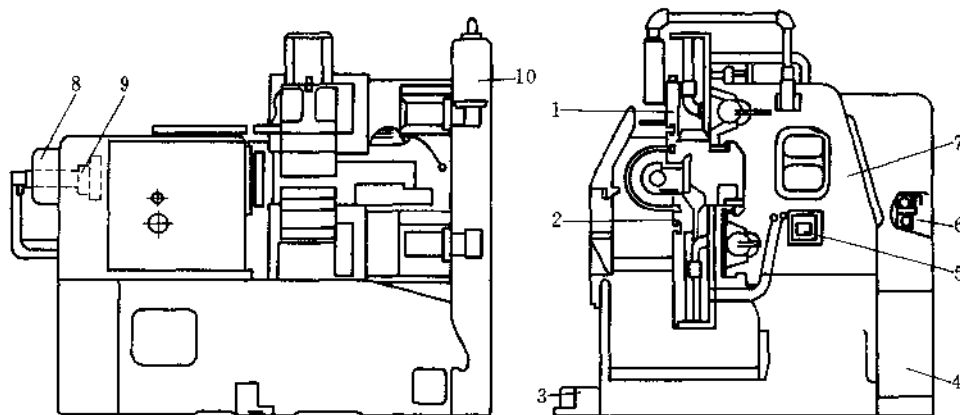


图 44.3-4 C7632 型多刀半自动车床

1—上刀架;2—下刀架;3—脚踏电器开关;4—液压油箱;5—总电源开关;6—液压操纵板;7—插销板;8—夹紧油缸;9—液压离合器;10—悬挂操纵台

液压系统由单独油箱和装在油箱上的恒压式变量叶片泵及组合控制阀组组成。系统压力由变量泵调定,一般调整压力在 3MPa 左右。泵的输出流量取决于负载压力,通过负载压力信号的反馈使之输出流量变化以适应负载的需求。图 44.3-5 为液压原理图。

来自系统压力油流经减压阀 4、单向阀 3、手动换向阀 29、电磁换向阀 1 进入夹紧液压缸,图示位置处于夹紧状态。为安全起见,当机床断电时,必须保证工件处于夹紧状态。当需要内夹紧时,手动换向阀推入换向。

液压离合器油路由减压阀 10、单向阀 8、换向阀 6、两个单向节流阀 7 组成。通过调节阀 7 来改变主轴的启动和刹车速度。从节流阀 31 出去的油通向分油

器供给床头润滑。

上下刀架油路完全相同,均属进口节流调速系统,横向液压缸由换向阀 15 和 19 控制进退,纵向液压缸由换向阀 12 和 22 控制。如果电动调速阀电磁铁 YV5, YV12, YV15, YV8, YV9 通电,各刀架可实现快速进给。

下刀架设置了两个电动调速阀 16 和 17,目的是多一个纵向进给速度,这也是机床加工工艺所要求的。

回油油路上装有背压阀 32,作用是产生背压力,提高工作行程平稳性。

此液压系统与电气系统组成完善的控制中心,达到自动状态或调整状态,无论处于何种状态均可实现主轴点动。

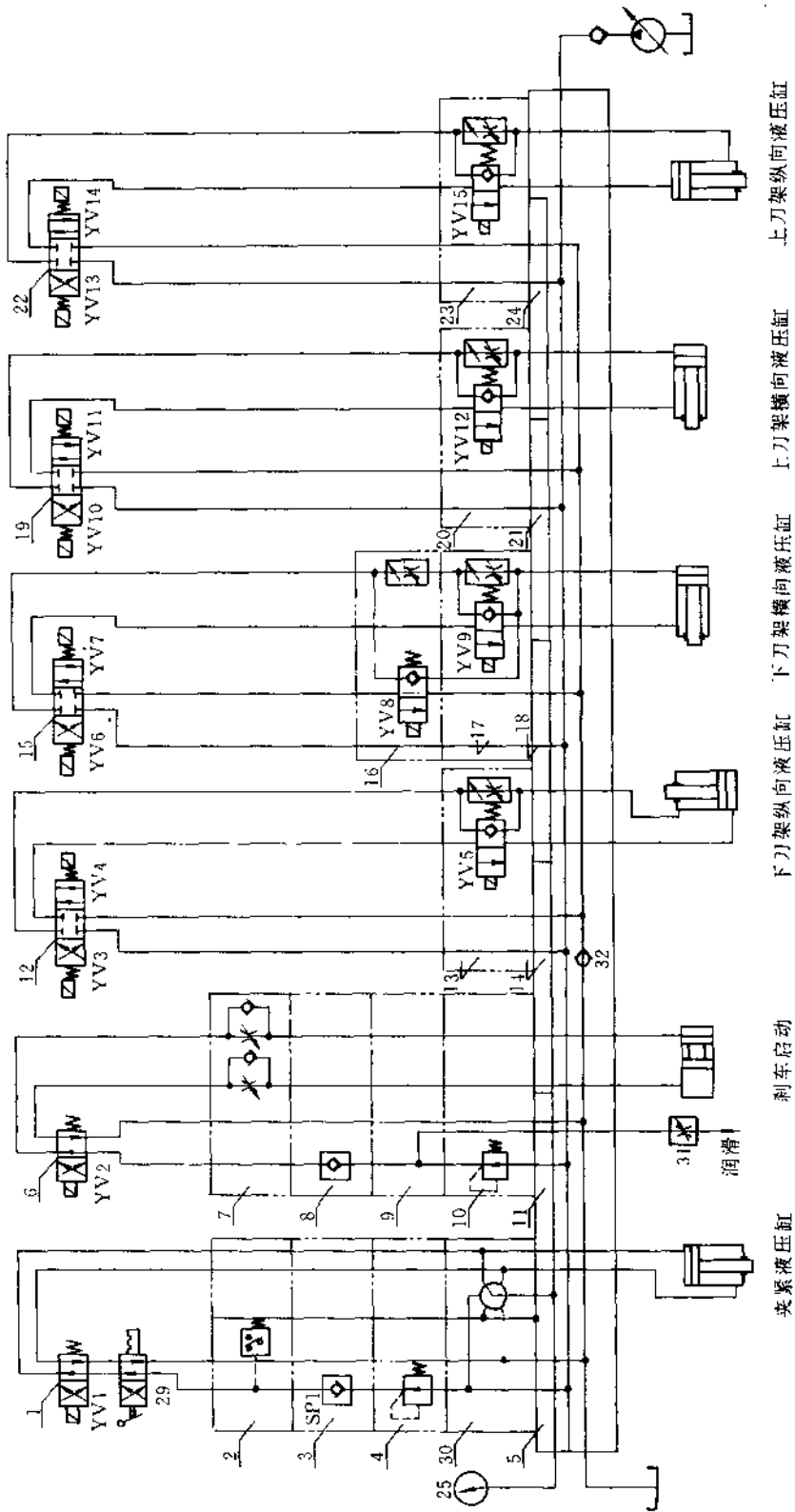


图 44.3-5 C7632 半自动车床液压系统