

国外机械技术资料

液压系统 35 例

第一机械工业部情报所

毛 主 席 语 录

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。

一切外国的东西,如同我们对于食物一样,必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动,送进唾液胃液肠液,把它分解为精华和糟粕两部分,然后排泄其糟粕,吸收其精华,才能对我们的身体有益,决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义。

位置控制

- 一、电液压力机的位置控制·····(1)
- 二、玻璃纤维加强塑料成形压力机的电液伺服定位控制·····(2)
- 三、大型压力机的电液伺服定位控制·····(6)

速度控制

- 四、电火花加工机床的微速控制·····(9)
- 五、磨床砂轮进给的微速控制·····(11)
- 六、龙门刨床的高速控制·····(14)
- 七、液压机的高速控制·····(16)
- 八、注塑机的多速控制·····(18)
- 九、注塑机的多速控制·····(20)
- 十、龙门刨床的加减速控制·····(22)
- 十一、离心分离机的加减速控制·····(24)
- 十二、液压升降机的加减速控制·····(26)
- 十三、轧钢设备(卷材平移装置)的加减速控制·····(28)
- 十四、滚丝机的强力速度控制·····(30)
- 十五、拉床的强力速度控制·····(32)
- 十六、线材卷绕机的同步控制·····(34)
- 十七、液压式高精度弯板机的同步控制·····(37)
- 十八、铝箔卷绕滚筒的速度控制·····(39)
- 十九、回旋加速器电磁铁的同步升降回路·····(41)
- 二十、闪光对焊机的速度控制·····(42)

程序控制

- 二十一、装料机·····(46)
- 二十二、工业用机械手·····(48)
- 二十三、平面磨床·····(51)
- 二十四、自动车床·····(53)
- 二十五、外圆磨床·····(55)

数字控制

- 二十六、车床·····(57)
- 二十七、多工序自动换刀数字控制机床·····(59)
- 二十八、铣床·····(61)
- 二十九、卧式镗床·····(62)

保护回路

- 三十、轧钢设备中的压力保护回路·····(65)
- 三十一、粉末成形压力机的压力保护回路·····(67)

三十二、水压机的液压联锁回路.....	(69)
三十三、压铸机的联锁回路.....	(71)
三十四、注塑机的防噪音回路.....	(72)
三十五、防止噪音和温度异常的回路.....	(74)

位置控制

一、电液压力机的位置控制

1. 概述

电液压力机是具有电气——液压伺服机构而可能进行高性能的位置程序控制的液压机。其控制系统如图 1 所示。它是一种利用自整角机进行压力机压头位置反馈的系统，通过固定于压头上的齿条和固定于机架上的自整角机检测器的齿轮，把线性位移转换成角位移。在位置给定器上使用控制变压器，当压头的位置与给定位置不一致时，位置给定器便产生差电压，把此差电压从自整角机的转子上引出，通过继电器电路输入伺服放大器，该电压被放大后再输入随动阀，随着油泵倾角控制缸的移动，油泵的流量与输入电压成比例地变化。为了确保流量与放大器的输出相对应，还设有局部反馈机构，使油泵的流量有定位性。

使用该自整角机系统，在各个控制位置前进行平滑的减速，便能实现正确的位置控制。其控制程序是按快速下降→慢速下降→加压→到达下限→上升→慢速上升→到达上限的顺序平滑地过渡。在电液压力机里设有上限、慢速下降和下限的标度盘式给定器，只需调到给定刻度就完成了给定操作，压头在到达上限前能自动地减速和平滑地停止于上限。

自整角机系统的静态增益分为精、粗二挡，在到达下限位置约 10 毫米时，就把对应于实际位移的粗自整角机转换成精自整角机，从而提高了下限精度。精自整角机与粗自整角机的不同点是前者减速齿轮的传动比比后者大，其传动比越大，则灵敏度越高。自整角机的角度分辨率一般是 0.5° 左右，假定压头的行程是 800 毫米，自整角机的减速比是 1/36，那么精度为：

$$\frac{800 \text{ 毫米}}{180^\circ \times 36} \times 0.5^\circ = 0.062 \text{ 毫米}$$

实际运行时，压力机的下限精度视工作条件的不同而多少有些差异，其再现性误差最大 0.18，最小 0.05。

2. 液压系统的特征、系统设计要点

该控制系统的液压回路如图 2 所示，为闭环容积式控制回路，主要特点是速度和位置的

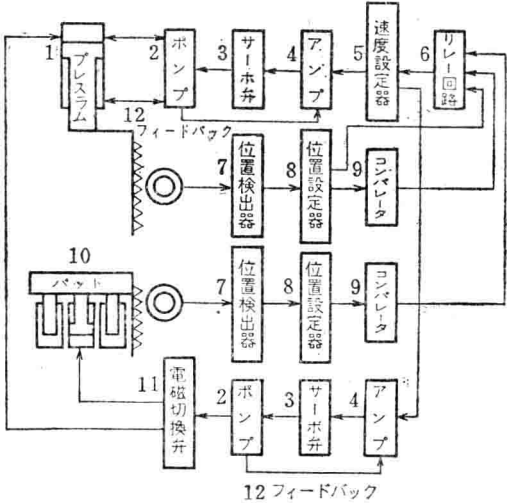


图 1 控制系统

- 1—压力机压头；2—油泵；3—随动阀；4—放大器；5—速度给定器；6—继电器电路；7—位置检测器；8—位置给定器；9—比较器；10—缓冲底座；11—电磁换向阀；12—反馈

控制容易、热量损耗少、油液换向平滑。

为减少系统的故障，泵(3)的油箱是单独使用的，并用滤油器(4)和伺服阀内的滤油器来清除进入伺服阀的油液所含的杂质。在滤油器(4)上备有差压式触点以构成连锁回路。

增大系统的增益，可提高位置精度，但是如果增益过大，伺服系统会不稳定，发生振荡。压力源P设在油缸的提升侧，这样在调高增益时，能防止压头的振荡，从而提高定位精度。

阀(12)(13)(14)是考虑压力机的安全问题而设置的。在伺服系统发生故障或非常情况时，上升动作中途停止，阀(13)(14)便去磁，加压侧由阀(6)卸荷；由阀(12)防止压头落下；压力源由阀(8)控制，防止停止的压头因泄漏而发生微动，保证压头静止不动。

泵(2)输出的油液由阀(15)构成迅速加压和底座快速上升回路，在即将到达下限位置前，阀(15)去磁，因此可以忽略阀(15)对于加压终点位置的影响，因为这时压头的位置仅由精自整角机所控制的泵(1)来决定。

压力继电器(23)是进行不需压切作业时用的，其开关压力的给定不必每次进行调整，而是给定了开关压力后便能自动地动作。阀(16)是电液压力机快速动作时用的。压力源P也可以用于底座的强制下降。当压力机进行简单的冲切作业时，阀(12)还可以作为背压阀以防止压头超程。

3. 应用

该系统由于高速时位置的再现性能优越，所以可用于冲切及冲压作业，比一般机械压力机减少2~3道工序。在整修冲模用压力机、玻璃纤维加强塑料用压力机上也有使用价值。

二、玻璃纤维加强塑料成形压力机的电液伺服定位控制

1. 概述

玻璃纤维加强塑料的压制特性与金属成形不同，其制品多属形状复杂，壁薄形大的物件，采用液压机压制是个发展方向。

(1) 液压机规格

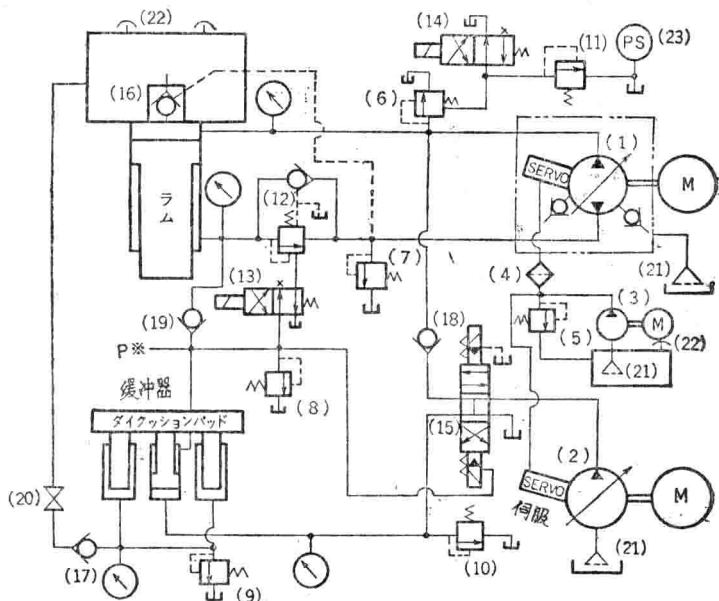


图2 液压系统

- 1—主油泵；2—辅助油泵；3—伺服油泵；4—管道滤油器；5~10—溢流阀，
11—遥控阀；12—顺序阀；13~15—电磁换向阀；16—充液阀；17~19—单
向阀；20—闸阀；21—吸油滤油器；22—空气滤清器；23—压力继电器

压力	2000吨
行程	2000毫米
机窗高度	3500毫米
模座面积	5500×3000毫米
快速下降速度	200毫米/秒
中速下降速度	6~60毫米/秒
加压下降速度	0.6~6毫米/秒
慢速上升速度	3~30毫米/秒
快速上升速度	200毫米/秒
主电液伺服泵	最大210公斤/厘米 ² 400升/分
下限停止位置保证精度	±0.1毫米

(2) 主反馈检测装置

脉冲发生器

型号

TR-0113-B/F

脉冲数

1000次/转

分辨率

0.025

响应频率

20千赫

直线——旋转变换器

无齿隙二级增速

齿条——齿轮直接啮合

10进制 5位 5单元

(3) 数字计数器

所有仪器全部都安装在操纵台里, 图1所示的脉冲发生器的脉冲数时刻与预调值进行比较以控制伺服泵, 系统便能高精度而又快速地达到予定值。

该液压机设有数字显示管, 以便操作人员随时可以观察压头的瞬时位置。

2. 液压系统的特征、系统设计要点

如图2所示, 数字控制系统尽量地简化。

液压系统如图3所示。该回路的主要特点是:

(1) 具有高分辨率的主反馈装置。

(2) 在伺服管道里只设置一个10微米的管路滤油器, 没有专用的油箱, 而由公用油箱供油。

(3) 可以把液压油油温自动地控制在40~45℃的范围内, 系统的再现性能优越且冲击现象少。

系统设计要点:

(1) 必须掌握定位精度与压头惯性、油缸组合之间的关系。

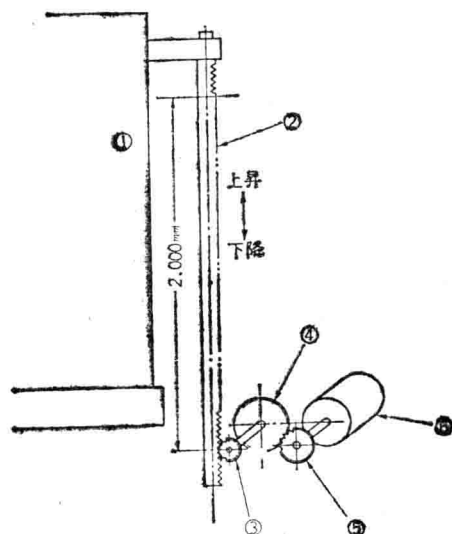


图1 主反馈检测装置

1—压头; 2—全行程用齿条; 3—齿轮(用耐磨的弹性材料制成); 4—增速主动齿轮(用耐磨的弹性材料制成); 5—增速从动齿轮; 6—主反馈检测用脉冲发生器

(2) 必须考虑各种工作速度, 油缸的构造、个数和口径之间的相互配合关系以求避免局部的流量过大, 因为它是造成精确定位的最大障碍。

(3) 随动阀的选定, 在可能的范围内, 应从性能低的阀开始选择。

(4) 伺服系统的高压滤油器可以使用 5 微米至 10 微米的滤油器。

(5) 应根据压力机的安装环境和随动阀的性能来研究决定伺服单元是否分离独立。

(6) 流量大的伺服泵因其死区较大, 故不能得到高的精度。可采用小容量的油泵再加辅助油泵的系统, 以提高定位精度。

(7) 包含有充液阀的阀类应选取响应速度高的元件。

(8) 为了尽可能提高主反馈系统的分辨率, 应当选用响应频率高的脉冲发生器, 并尽量减少机械放大部分的惯性。

(9) 采取上述措施, 可简化液压系统, 而系统元件的减少必然提高性能, 减少故障, 维修、保养也简单。

对高性能的压力机, 不应用液压构成不合理的回路, 而应当尽可能地采用响应特性优越的电气回路。

(10) 液压机里液压系统的噪音始终是个问题, 因为齿轮泵和柱塞泵的噪音较大, 所以设计时应考虑防止噪音的措施。

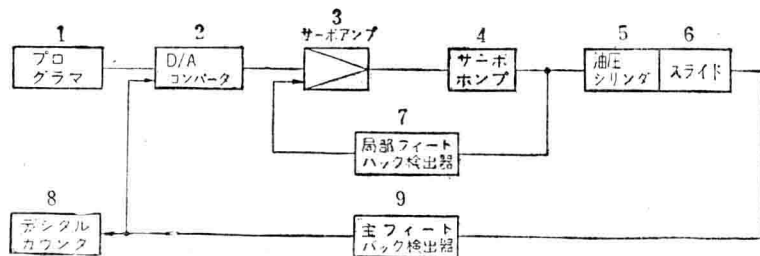


图 2 数字式伺服系统的方框图

1—程序; 2—数模转换器; 3—伺服放大器; 4—伺服泵; 5—油缸; 6—压头;
7—局部反馈检测器; 8—数字计数器; 9—主反馈检测器

3. 应用

(1) 液压机的速度控制

图 3 所示的液压系统有较大的调速范围。

由对应于速度给定标度盘 (在精度要求特别高的场合另加微调) 所发出的指令, 以压头移动发出的脉冲为时间的函数组成控制演算回路, 来控制速度。

(2) 液压机的同步控制

在液压机里压头的平行精度是个问题 (尤其是大形的压力机和弯板机等), 这就需要考虑同步控制。把同步控制装置安设在压头的两端, 构成复式信号系统, 该系统将同步范围内的脉冲的差值加以比较, 以控制油缸。

(3) 连续式自动同步切割控制

在无法构成闭环系统的材料连续自动切割过程中，卧式连续挤压成形机的同步切割过程即是由喷嘴把材料连续地压出，再由切割机构自动地将其切断。所切断的长度由装设于测量滚筒上的脉冲发生器测量，切割机的台车与材料的压出速度同步。

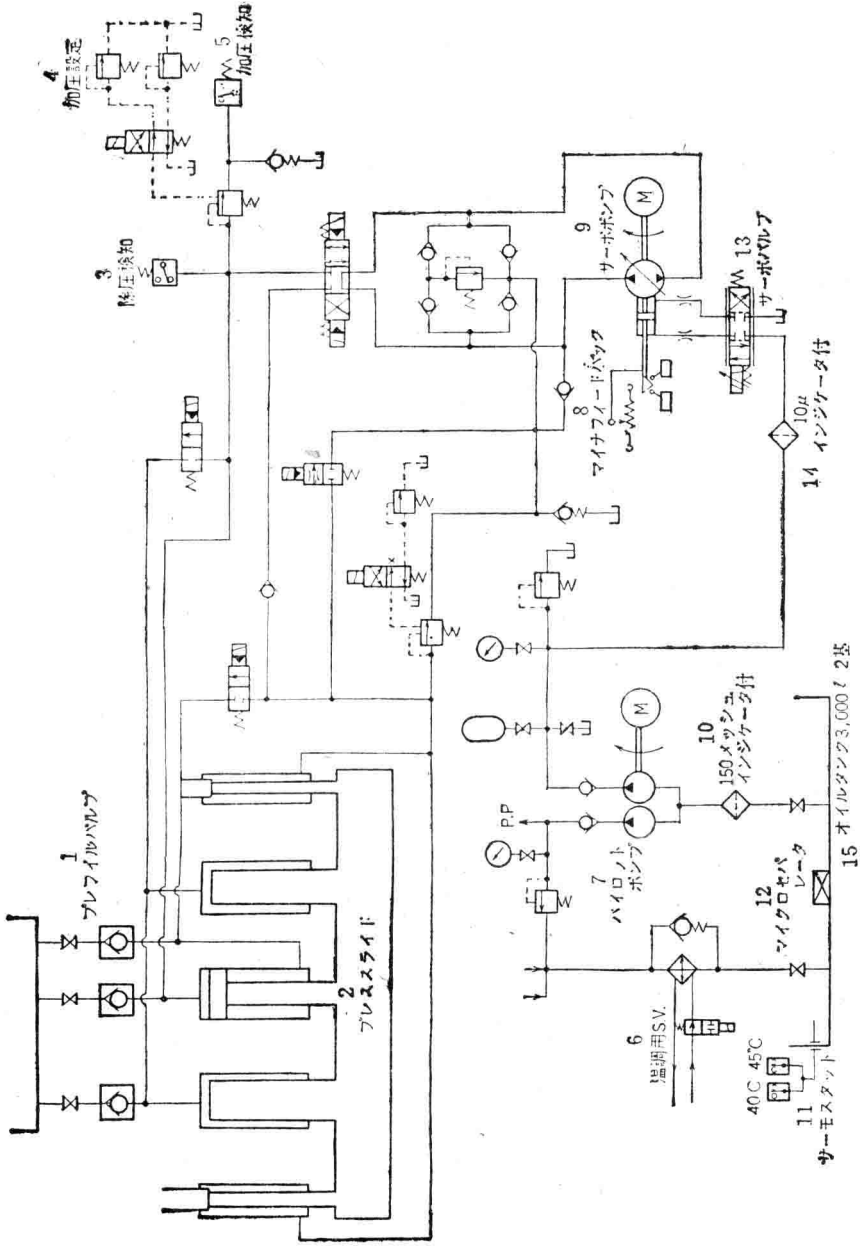


图 3 液压系统

- 1—充液阀；2—压力机压头；3—除压测定；4—加压给定；5—加压测定；6—调温用电磁阀；7—辅助泵；8—局部反馈；9—伺服泵；10—带指示器的150目滤油器；11—恒温器；12—小型分离装置；13—随动阀；14—带指示器的10微米滤油器；15—油箱3000升 2根(管路)

三、大型压力机的电液伺服定位控制

1. 概述

该装置是一种液压压力机，其压头下限停止位置的精度在 0.1 毫米以内，可用于拉深加工。

安装在压头上的齿条和机架上的自整角机的齿轮互相啮合，压头的瞬时位置由自整角机变成电信号，所测得的电信号与预先调准的、表示给定的下限位置之电信号进行比较，将二者的差值加以放大，驱动随动阀，并通过伺服油缸去控制轴向柱塞泵的摆角。压头越接近下限位置，两个电信号的差值越小，油泵的摆角也越小，到了下限位置，两个电信号的差值成为零，压头便停住了。压头上升的时候，油泵摆角相反，到了上限位置，控制摆角，使压头停止于给定的上限位置。

当慢速下降时，向稳定器加压，使得油缸的加压侧保持一定的压力，充液阀关闭。下限停止位置、上限位置、慢速下降位置、快速下降速度、慢速下降速度、上升速度、加压时间、上限停止时间等都可以通过调整各自操作手柄而任意地改变。这些值如果都预先调定好了，则压力机便按照程序依次动作。

该控制系统由放大器、随动阀、伺服油缸、油泵、压机油缸等环节构成。系统以下限给定位置作为输入量，以压头的位置为其输出量。由自整角机将压头位置反馈到放大器的前面，形成了一个闭环控制系统。另设局部反馈回路对伺服油缸的位置进行检测。

缓冲系统所担负的缓冲、脱模、压下及制动等各项操作均用按钮控制。在进行与压头位置有关的脱模、压下和制动的操作时，根据比较器的输出来操作电磁阀。

稳定器用于支持压头自重。加压时可以通过变更加压油缸的数目和调整压力给定阀而得到任意大小的压力。

2. 液压系统的特征、系统设计的要点

主油泵的油路自成一个闭合回路，仅在回路中的油量不足的时候，才从油箱吸油。

当压头下降时，油泵把油液从油缸的上升侧吸出而向加压侧送入，下降速度就由油泵的吸油量来决定，因油缸两侧面积不等而造成的油量的差额则由充液阀补充。此时，稳定器的油液就通过液控单向阀放回油箱。一到开始慢速下降的时候，这个单向阀便关闭，稳定器内的压力就与溢流阀所给定的压力相同。这时在油缸的加压侧便产生了与稳定器内压力相对抗的压力，它使得充液阀关闭。这样，慢速下降的速度就由油泵的流量和油缸加压侧的面积所决定，而油泵吸入量的不足部分则由油箱补充。在下限位置油泵的流量为零。

压头上升时，油泵从油缸的加压侧吸油，而向上升侧送油。同时，充液阀打开，多余的油液被送回油箱。此时，稳定器通过液控单向阀从油箱吸油。设于油泵输油侧的电磁阀只在非正常停止的时候才动作。

当使用缓冲底座时，就启动缓冲器用油泵。在缓冲器上升、脱模和压下时，只使用中间的油缸，而两个侧油缸则通过液控单向阀与油箱相通。当缓冲器下降时，液控单向阀闭合，保持与溢流阀的调整压力有关的缓冲力。

由于压头的位置是由调节油泵的摆角从而使泵的流量变化得到控制的，所以在停止位置时阀门换向引起的冲击。由此，压头的动作是平滑的，而且管路系统没有振动噪音。

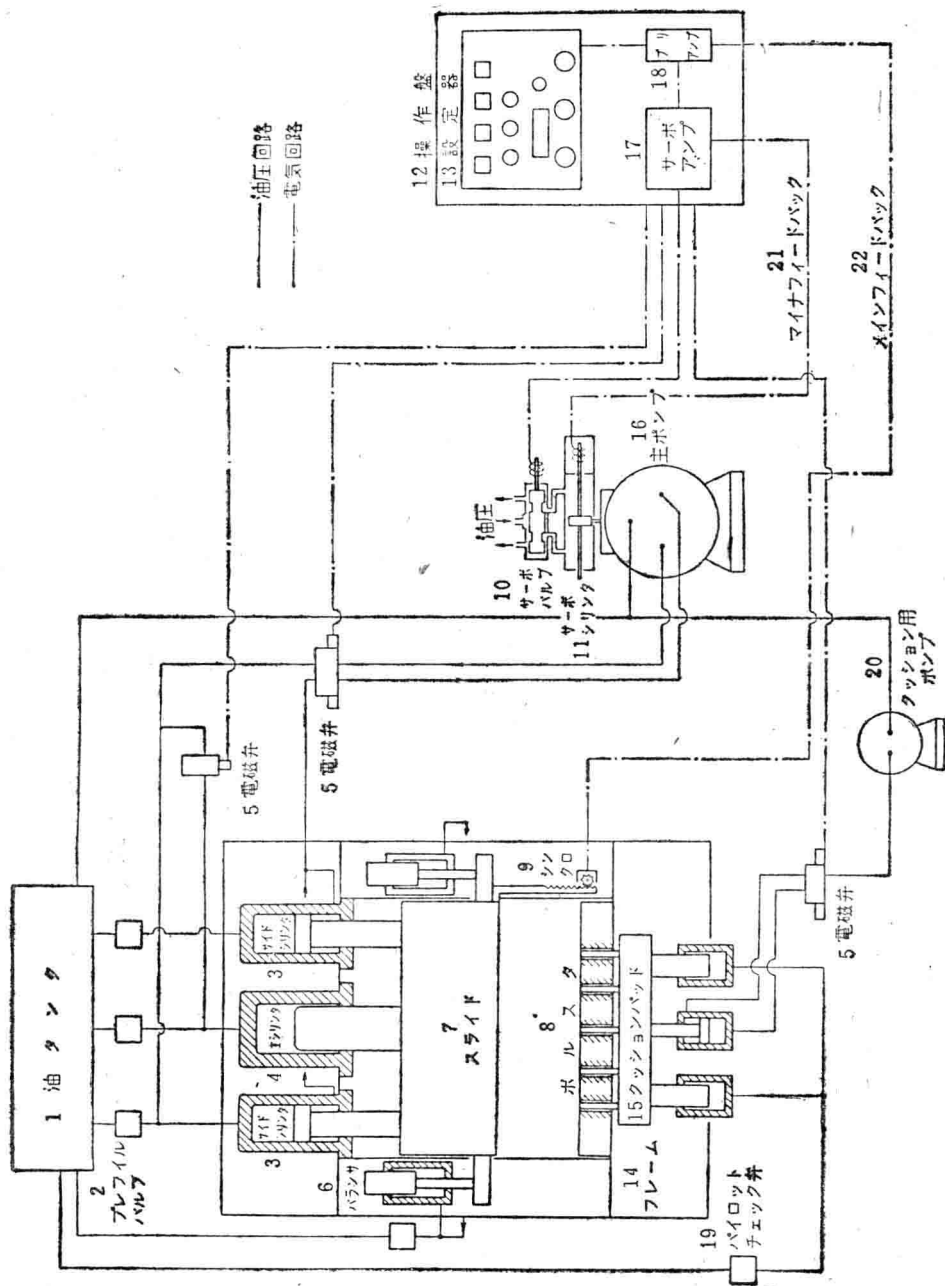


图1 结构示意图

1—油箱；2—充液阀；3—侧油缸；4—主油缸；5—电磁阀；6—稳压器；7—压头；8—模座；9—自整角机；10—随动机；11—伺服油缸；12—操作盘；13—给定盘；14—机架；15—缓冲器用油泵；16—主泵；17—伺服放大器；18—前置放大器；19—液控单向阀；20—缓冲器用油泵；21—局部反锁；22—主反锁

元件的动作时间和油液的泄漏量使停止精度受到很大影响，尤其是柱塞泵的容积效率高，而且由压力而引起的容积效率的变化小，就更应特别注意选用动作速度快的元件。

闭环控制系统中滞后时间是导致振荡的原因。而滞后时间主要是由压头位置检测装置和油泵这两个环节造成的，因此应该使油泵机械部分的游隙所引起的时间滞后要小。

由于油温、气温等外部条件而造成各个部件的特性变化是造成漂移的原因。因此设计伺服系统时，必须考虑各元件的特性及其特性的时效变化。

3. 应用

电液伺服控制系统应用于一般的拉深压力机、玻璃纤维加强塑料压力机、锻压压力机、注塑机等机械上。也可用于其它输出功率更大而停止精度要求高的机器上，例如机械手、物料搬运设备等。

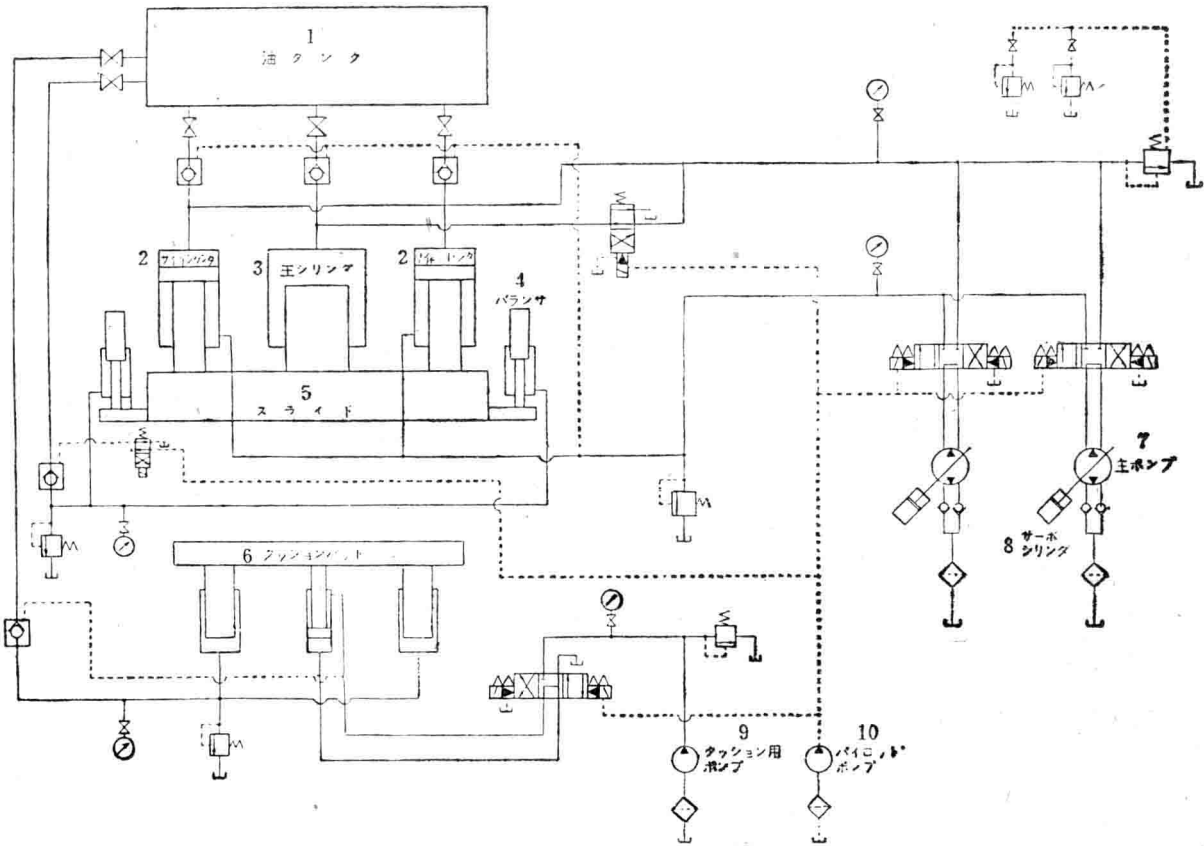


图2 液压系统

- 1—油箱；2—侧油缸；3—主油缸；4—稳定器；5—压头；6—缓冲底座；
- 7—主泵；8—伺服油缸；9—缓冲器用油泵；10—控制用油泵

速度控制

四、电火花加工机床的微速控制

1. 概况

所谓电火花加工就是在电极和工件之间通以高频脉冲电流，脉冲电流间歇放电，熔化掉金属而进行加工的。为了有效地进行这种放电，就需要时刻保持极间间隙（电极和工件之间的放电间隙）为一恒定值，这就要求电极能够与加工速度相同的微速进给。

一般使用电液伺服机构来控制这个极间间隙。其原理是利用极间间隙（ d_0 ）与极间电压（ E_d ）二者之间存在的近似的比例关系，对电极位置进行反馈控制。如图 1 所示，整个控制系统由电气伺服回路、液压回路和油泵站组成。其中，电气伺服回路包括基准电压给定部分（它是根据加工要求的极间间隙而给定的），颤振电源和调整伺服系统增益的增益调整部分；液压回路包括把电信号转换成输出流量的随动阀和作为执行元件的油缸；油泵站供给随动阀以一定压力的压力油。

2. 系统特征、系统设计要点

根据加工条件，放电间隙可以在数微米的范围内变化。其位置偏差必须保证在数微米以内，为此要求伺服系统必须具有很高的精度和稳定的工作性能，以便能够准确地跟踪间隙的变化。

另外，如果电极（亦即系统的负荷重量）较大，而又要求有快速的响应性能，就应采用伺服刚性高的液压伺服系统。

在电火花加工机床里，放电时的极间电压正好可以用来充当电极位置检测器，利用基准电压（ E_0 ）与极间电压（ E_d ）的比较回路，将二者的电压差引出，用以驱动随动阀。这样就省去了一般伺服系统所需的伺服放大器和检测器等。由于驱动随动阀所需功率很小，因此可以直接利用放电加工电源中的一部分功率来驱动随动阀。

液压系统中使用的液控单向阀，由于该阀油液泄漏量少，在常态下几乎为零，因此停止

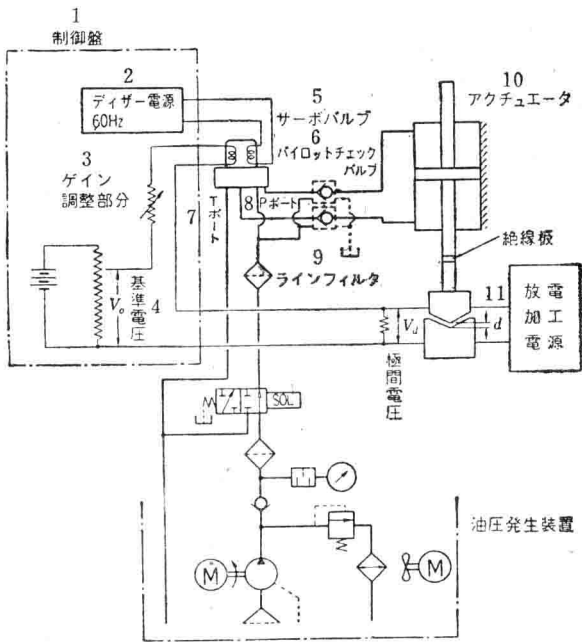


图 1 电液伺服系统

- 1—控制盘；2—60赫电源；3—增益调整部分；4—基准电压；
- 5—随动阀；6—液控单向阀；7—T 孔；8—P 孔；9—管道滤油器；10—执行元件—油缸

加工时电极不会掉下来，而且电极的定位精度高。

3. 伺服系统设计要点

为了保证系统即有很高的定位精度又跟踪稳定，就必须深入地掌握住各个环节的特性，其中随动阀的特性尤为重要，其特性如下：

$$Q = Cd\omega x \sqrt{\frac{1}{\rho}(P_s - P_L)}$$

- 式中 $Cd\omega$ ——随动阀常数；
 x ——输入电流值；
 ρ ——油液密度；
 P_s ——供油压力；
 P_L ——负荷压力。

随动阀的增益 Q/a 随着油液密度 ρ 的变化而变化，而 ρ 又因负荷压力 P_L 的变动和油温的变化而变化。还有，极间的增益也会随着加工条件的不同和极间间隙状态的不同而发生变化。针对系统增益的变化，设置了一个依靠对其它可变增益等价地进行调整，从而能够保持机床稳定地进行加工的增益调整机构，由它能简易地补偿某个增益的变化。

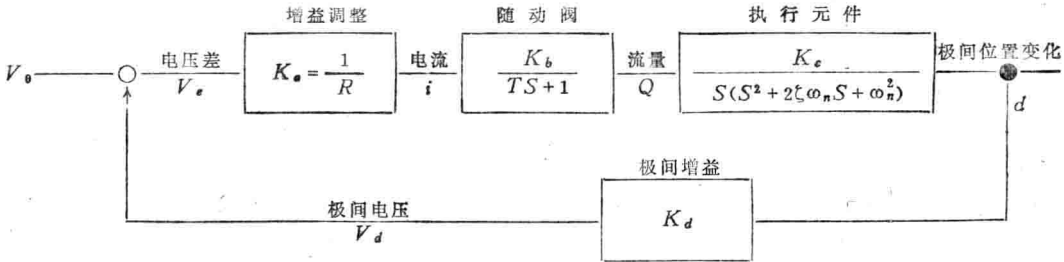


图2 伺服系统方框图

其次，在电极较重的场合（近几年研制的电火花加工机床有的电极重达10吨）对于作为执行元件的油缸特性中存在的振荡性的2阶滞后特性是不容忽视的。这个2阶滞后特性是由油液的可压缩性引起的弹簧效应和惯性负荷的质量二者构成的质量——弹簧系统带来的。它的固有频率与伺服系统所必须的频带宽度相比如果偏低，那末伺服系统将会不稳定，以至无法进行加工。遇此情况必须采取一些措施，例如增大油缸口径和最大限度地缩短油缸行程以求提高固有频率；或者增大因油溶粘性阻力而造成的阻尼效应等以使系统稳定。

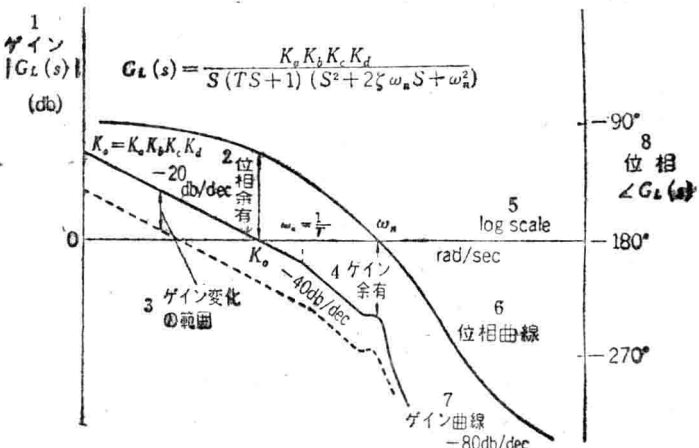


图3 伺服系统的开环波德图

- 1—增益；2—相位裕度；3—增益变化范围；4—增益裕度；
5—对数刻度；6—相位曲线；7—增益曲线；8—相位

再有，安装油缸的机架之动态刚性也是一个需加注意的问题，这个机架的固有频率必须十分高。如果机架及油缸固有频率不太高而需要加以精确的研究时，必须通过模型实验，求得机架及油缸的频率特性并分解出所包含的各次谐波。

若要研究系统的稳定性，则以求出各个环节的传递函数，根据波德图来进行。图2、图3分别是电火花加工机床伺服系统的方框图和波德图的例子。 $G_L(S)$ 是开环传递函数。当环增益达到稳定加工所必要的最大增益，也就是在图3的增益变化范围中达到增益最大值时，根据增益裕度和位裕度来研究系统的稳定性。

对于电火花加工机床的微速进给伺服系统来说，随动阀的零点邻域特性是一个重要的参数，因为零点附近的死区和磁滞现象等非线性

因素，对于要求高定位精度和微速控制的场合是不利的。做为相应的措施是向随动阀通入5~60赫的高频电流，以减少磁滞现象。图4表示随着高频电流强度的变化而发生的磁滞变化的情况。

如上所述，随动阀是个非常重要的元件，油液中一旦混入尘埃，就会显著地破坏它的特性，从而影响伺服系统。为此，采用高精度的管道滤油器以清除油液中之尘埃，必须作为一项重要措施，严加管理。

4. 应用

电火花加工机床仅是使用了电液伺服机构的例子，这种电液伺服机构在XYZ的多轴伺服机构中也可以采用。

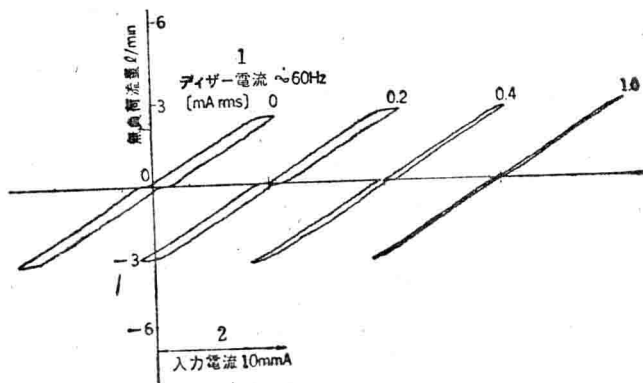


图4 滞后现象随电流大小而变化的例子

1—高频电流 60 赫；2—输入电流 10 毫安
随动阀 3F-15L-30 No4480
供油压力 35公斤/厘米²
液 压 油 DAPHINE#44S
温 度 40℃

五、磨床砂轮进给的微速控制

1、概述

在外圆磨床中的砂轮进给系统有两种方式：一种是连续横向进给；另一种是当工件的宽度超过砂轮的宽度时，使工件做纵向进给，而在返回点砂轮做一定量切入的横向进给。

由于横向进给吃刀的效率高，故一般采用通过提高机械刚性、增大砂轮宽度，再配合高精度的砂轮仿形修整的横向进给磨削方式。采用横向进给磨削的磨床所要求的加工精度一般在正圆度为0.5微米~3微米的尺寸公差范围内。为了进一步缩短磨削时间，近来采用了高速磨削，进给速度在0.01毫米/分~50毫米/分的范围内进行有级调速。本文介绍同时能

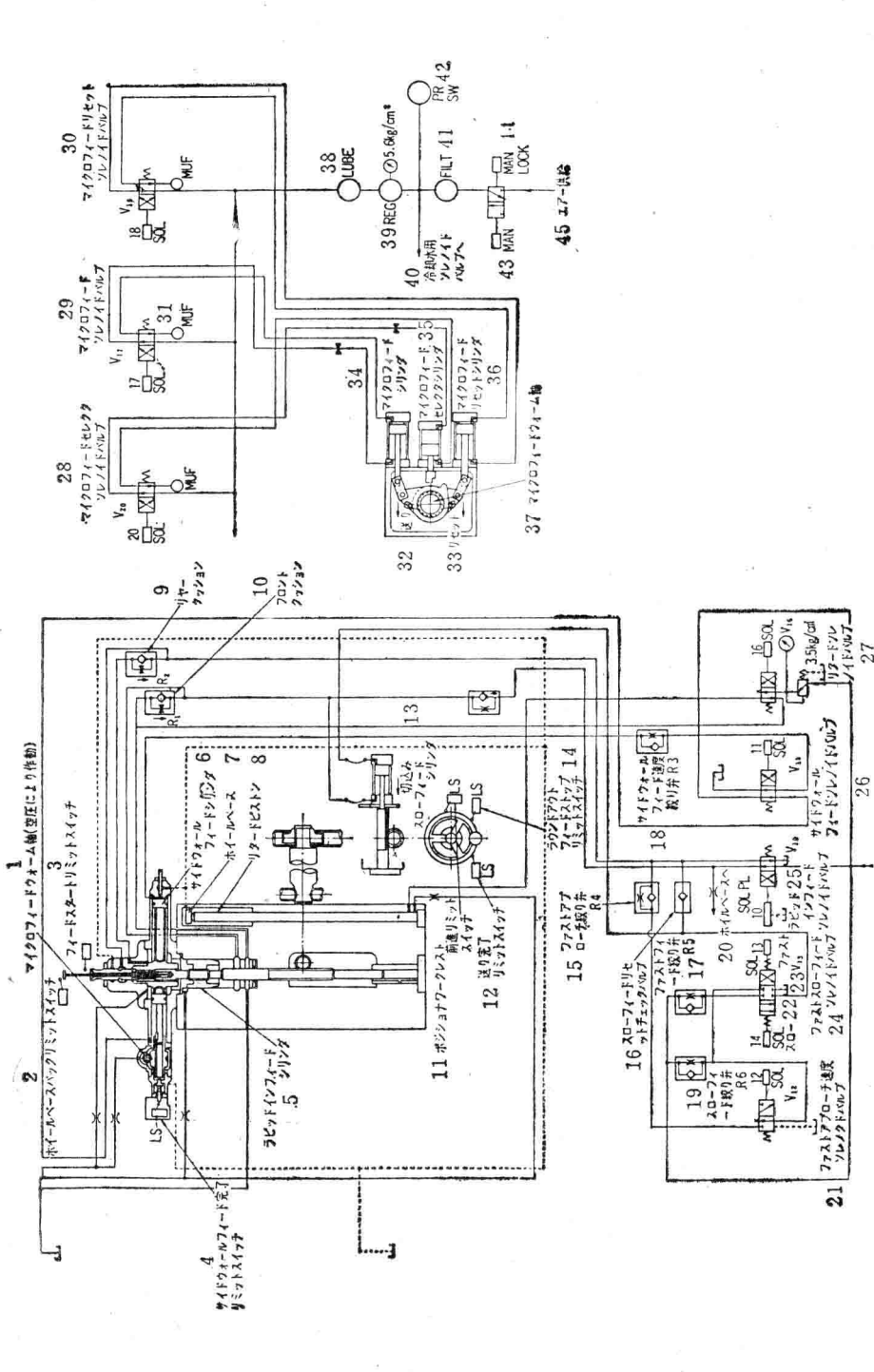


图1 与微量进给有关的液压、气动系统

1—微量进给蜗杆轴(气动驱动); 2—轴距后退限位开关; 3—开始进给限位开关; 4—工件端面进给限位开关; 5—快速进给油缸; 6—工作端面进给油缸; 7—轴距; 8—快速进给油缸; 9—后缓冲器; 10—前缓冲器; 11—夹紧工件的支架前限位开关; 12—进给终止限位开关; 13—吃刀慢速进给油缸; 14—外圆进给停止限位开关; 15—快速进给油缸; 16—快速进给速度电磁换向阀; 17—快速进给速度电磁换向阀; 18—工件端面进给速度电磁换向阀; 19—吃刀慢速进给油缸; 20—通入轮轴距控制油缸; 21—快速进给速度电磁换向阀; 22—慢速进给速度电磁换向阀; 23—快速进给速度电磁换向阀; 24—快速进给速度电磁换向阀; 25—快速进给速度电磁换向阀; 26—工件端面进给电磁换向阀; 27—慢速进给速度电磁换向阀; 28—微量进给速度电磁换向阀; 29—微量进给速度电磁换向阀; 30—微量进给速度电磁换向阀; 31—微量进给速度电磁换向阀; 32—微量进给速度电磁换向阀; 33—微量进给速度电磁换向阀; 34—微量进给速度电磁换向阀; 35—微量进给速度电磁换向阀; 36—微量进给速度电磁换向阀; 37—微量进给速度电磁换向阀; 38—微量进给速度电磁换向阀; 39—微量进给速度电磁换向阀; 40—微量进给速度电磁换向阀; 41—微量进给速度电磁换向阀; 42—微量进给速度电磁换向阀; 43—微量进给速度电磁换向阀; 44—微量进给速度电磁换向阀; 45—微量进给速度电磁换向阀。

进行工件端面磨削的外圆磨床的砂轮进给装置的液压系统。

照片 1 是磨床的外形。图 1 表示该磨床砂轮进给装置的液压气动系统。

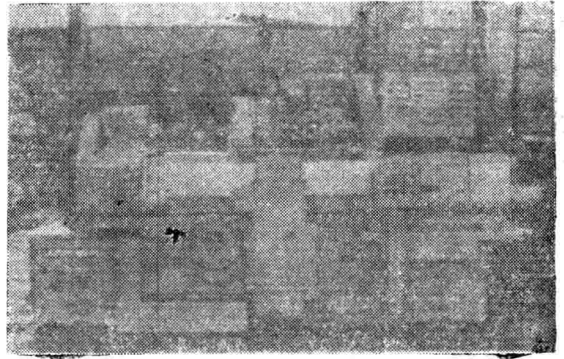
2. 液压系统特征, 系统设计的要点

(1) 砂轮架快速进给

一开始, 电磁铁 10 励磁, 横向快速进给阀 V_{10} 向右方转换, 随之横向快速进给油缸之压力被转换。由于该油缸体是固定于机架上的, 于是压力的转换导致活塞快速前进, 而该活塞杆即是进给轴, 所以就是进给轴快速前进。由于进给轴与砂轮架进给控制手轮上的涡轮 (即螺母) 相啮合, 所以进给轴前进便带动了砂轮架前进, 使得砂轮接近工件。在前进的端点, 由于活塞堵住了主油路, 前缓冲节流阀 R_1 便吸收了前进端点处发生的冲击。

(2) 工件端面磨削

砂轮架快速前进, 一抵达端点, 限位开关便动作, 电磁铁 11 被励磁, 工件端面进给阀 V_{11} 向左方转换, 于是压力油经过工件端面进给节流阀 R_3 进入工件端面进给油缸, 把活塞推向左方。该活塞杆即是蜗杆, 与进给轴的蜗轮相啮合, 由于齿条的作用, 使进给轴旋转。由于进给轴是与砂轮架进给控制手轮上的蜗轮相啮合的, 于是通过螺纹的作用, 进给轴的旋转便带动砂轮架前进。这个前进速度通过工件端面进给节流阀 (R_3) 带温度压力补偿的流量控制而进行调节, 以实现工件的端面磨削。



照片 1 磨床外形

(3) 外圆磨削前的快速进给

工件端面进给完了后, 先要将工件表面因磨削余量不等而形成的凹凸不平去掉, 为了缩短加工周期, 这时就用比吃刀速度快得多的速度进给。

电磁铁 13 和电磁铁 12 励磁, 快速趋进阀 V_{12} 就向左方转换, 快慢速进给阀 V_{13} 也向左方转换。于是经阀 V_{10} 的油液就流经快速趋进节流阀 R_4 和阀 V_{12} 、 V_{13} 而进入砂轮架进给控制手轮的慢速进给油缸, 把活塞推向吃刀的方向。经过齿条的作用, 使得砂轮进给控制手轮旋转而吃刀。砂轮一触及工件, 由于砂轮驱动电动机电流值发生变化, 反映到负载控制器, 使得电磁铁 12 去磁, 快速趋进阀 V_{12} 复位。

(4) 快速进给

阀 V_{12} 向右方复位, 由快速趋进节流阀 R_4 流出的油路便被关闭, 压力油就通过快速进给节流阀 R_5 , 从而开始外圆磨削的快速进给。

(5) 慢速进给

到了慢速进给油缸动作时, 安装在控制手轮上的撞块使限位开关动作 (在进给的中途, 尺寸校准装置往前移动进行工件的测量), 继续进给, 下一个撞块又使另一个限位开关动作, 电磁铁 13 去磁, 阀 V_{13} 回归中间位置, 进给油缸的油路关闭, 进给停止。清除掉粗磨削时的砂轮磨屑和由于工件的挠曲造成的影响, 接着由时间继电器控制, 电磁铁 14 励磁, 阀 V_{11} 向左方转换, 压力油经过慢速进给节流阀 R_6 慢速进给。

(6) 粗调微量进给