



# 螺旋压力机及锻造水压机研究进展

黄树槐

华中科技大学  
武汉新威奇科技有限公司  
湖北富升锻压机械有限公司

# 一、研发单位简介

华中科技大学（原华中工学院、华中理工大学）从1965年以来就开始从事锻造水压机和螺旋压力机的研究，与湖北富升锻压机械有限公司（原鄂州锻压机床厂）70年代开始合作，先后研制成功16MN以下液压螺旋压力机、第一代电动螺旋压力机、新型摩擦压力机，均已形成产品。为在我国推动新型锻压设备的发展，华中科技大学成立了校办产业——武汉新威奇科技有限公司，专门从事新型锻压设备的研究和数控系统的生产。三单位经过最近几年的合作，研制成功数控电动螺旋压力机并已形成产品。

现从以下两方面汇报研发工作进展：

- 螺旋压力机研发工作进展
- 锻造水压机研发工作进展

## 二、螺旋压力机研发工作进展

模锻件在汽车、工程机械、铁路车辆、航空、国防等工业中应用广泛，随着轿车工业、国防工业的发展，对模锻件的精度要求越来越高，例如汽车发动机连杆模锻件质量公差仅 $\pm 4$ 克，气门采用精密模锻成形后，只需磨削加工。传统模锻设备如模锻锤、热模锻压力机，很难制作出精密模锻件。螺旋压力机由于滑块没有固定的下死点，是生产精密模锻件的理想装备。

### 1、四种传动形式的螺旋压力机比较

螺旋压力机在发展阶段中，出现了摩擦压力机、液压螺旋压力机、离合器式螺旋压力机、电动螺旋压力机四种主要传动形式，现比较如下：



## (1) 摩擦压力机

摩擦压力机是最古老的螺旋压力机，结构简单、价格低廉是其主要特点。但是存在以下问题：

- 传动效率低，滑块下行时在0.65左右，滑块回程时在0.35左右。能耗高，在能源日益紧张的情况下，摩擦压力机的应用将受到制约。
- 摩擦带易磨损，需经常更换。
- 打击能量不易精确控制。

国外摩擦压力机最大为3150吨。德国是全世界生产螺旋压力机最多的国家，从公司提供的样本看，近年已未见到摩擦压力机。

## (2) 液压螺旋压力机

由于螺旋压力机能锻造出精密锻件，为了发展大吨位的螺旋压力机，60年代末以来，国外研发成功大型液压螺旋压力机，随后液压螺旋压力机成为我国锻压界的研究热门。但是，国内只有华中科技大学与湖北富升锻压机床有限公司共同研发成功6.3MN、16MN液压螺旋压力机，获我国锻压机械第一个国家发明奖（三等），并在生产中得到应用。国外液压螺旋压力机最大吨位达140MN。

液压螺旋压力机性能优于摩擦压力机，但是存在以下问题：

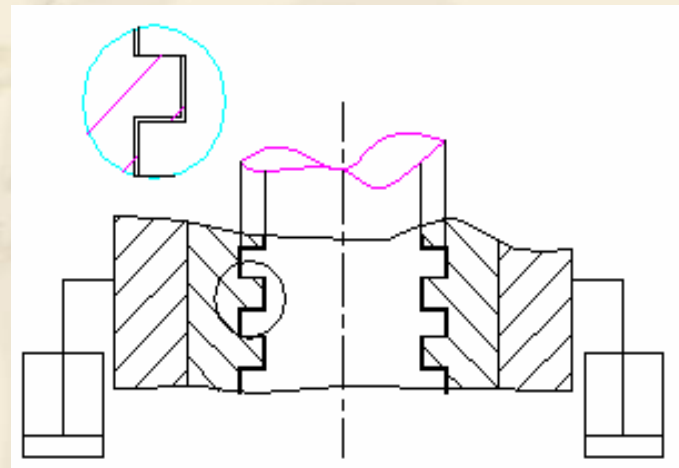
- 液压系统复杂，管道敷设工作量大，液压泄漏对环境有污染。
- 维修技术水平要求高，一般锻造工厂维修困难。
- 价格远高于摩擦压力机。

### (3) 离合器式螺旋压力机

上世纪70年代末推出，又称高能螺旋压力机。其特点是具有高的打击能量，滑块在小行程能输出额定能量值和达到最大锻击力；最大吨位为112MN。但是存在以下问题：

- 机器结构十分复杂，既有机械离合器传动，又有用于滑块回程的液压传动。
- 常用的滑块回程方式是采用液压缸推动滑块，同时使螺杆作反向运动。在锻击和回程时，主螺杆和螺母的螺牙为同一受力面，润滑液不易补充，导致螺母螺牙容易磨损。为解决这一问题，HASENCLEVER公司采用低速大扭矩液压马达，通过螺杆带动滑块回程，这样一来使原本十分复杂的机器变得更为复杂。

由于以上问题，据悉德国已不生产离合器式螺旋压力机。德国有关公司近年的样本也未见这类设备。



#### (4) 电动螺旋压力机

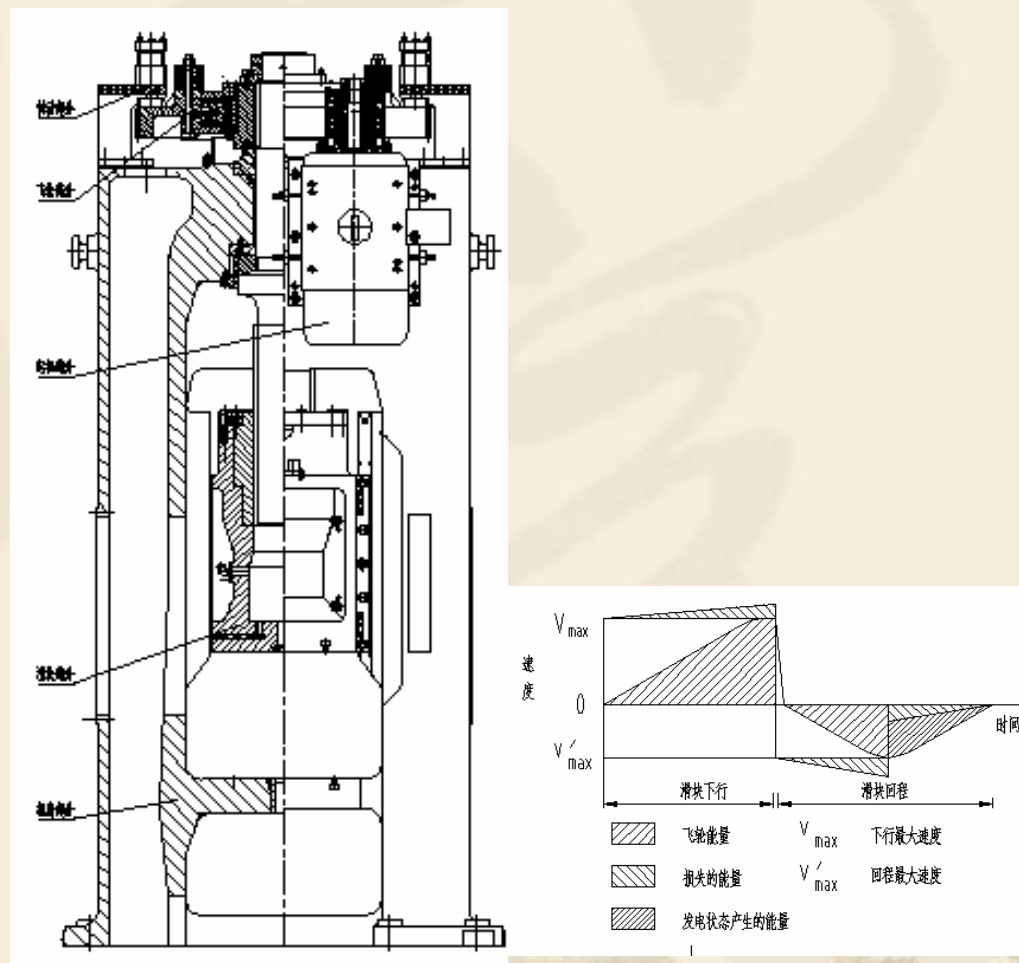
电动螺旋压力机采用电机直接驱动飞轮，主机结构比摩擦压力机还要简单，由于近年电力电子技术取得很大进展，带动电动螺旋压力机得到很大发展，在国外得到广泛应用，吨位从1.6MN到250MN，最大冷击力可达320MN，是目前除航空用模锻液压机外吨位最大的模锻设备。但是这种设备目前只有德国、日本公司生产，价格十分昂贵，例如我省某公司耗资4000万元进口了一台5000吨电动螺旋压力机。

华中科技大学在长期研发螺旋压力机的基础上，已研发成功数控电动螺旋压力机，并开始在生产中应用。



## 2、数控电动螺旋压力机的工作原理

电机经小齿轮、大齿轮、螺杆带动滑块运动，大齿轮有足够的惯量，起着飞轮储能的作用。输入启动信号后，电机由静止状态经小齿轮、大齿轮带动滑块加速下行，电机达到预先设置的打击能量所要求的转速时，利用大齿轮储存的动能做功，使制件成形。大齿轮释放能量后，电机立即带动大齿轮反转，返回一定转角后，电机进入制动状态，由电动机转为发电机，使大齿轮带动滑块回到预先设置的位置。此阶段飞轮的能量可经电机反馈到电网，因而能耗损失很小，如右图。由于滑块回程时靠电机制动，机械制动器仅在滑块接近上死点时才工作，制动力矩很小，制动材料不易磨损，不需经常更换。





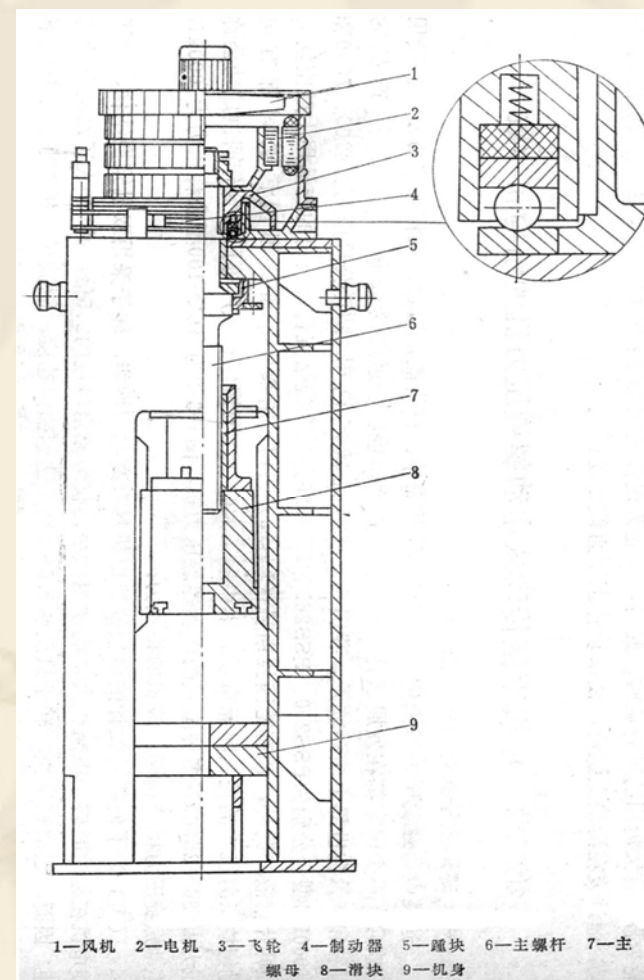
### 3、电动螺旋压力机总体方案分析

#### (1) 电机的转子与螺杆轴连为一体方案

Müller Weingarten公司45MN以下的电动螺旋压力机采用这一方案，华中科技大学80年代初研制成功的JD58-100型电动螺旋压力机也是这一方案，如图所示。这一方案的特点是传动环节少，但要设计低速、大扭矩专用电机，螺杆导套磨损后会影晌电机的气隙，电机出现故障维修不易。

#### (2) 电机经齿轮传动带动螺杆方案

Müller Weingarten公司PZS系列44MN~320MN电动螺旋压力机采用这一方案。这一方案的特点是专用电机转速较高，转矩较小，可以设计少数几种规格的专用电机系列供不同吨位压力机使用，电机出现故障时，更换方便，维护简单；同时，螺杆导套磨损后不会影响电机性能。J58K系列数控电动螺旋压力机采用了这一方案。



## 4、数控电动螺旋机的特点

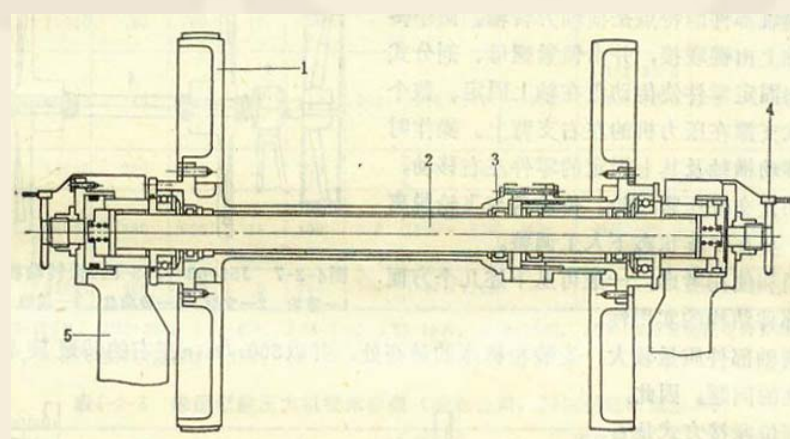
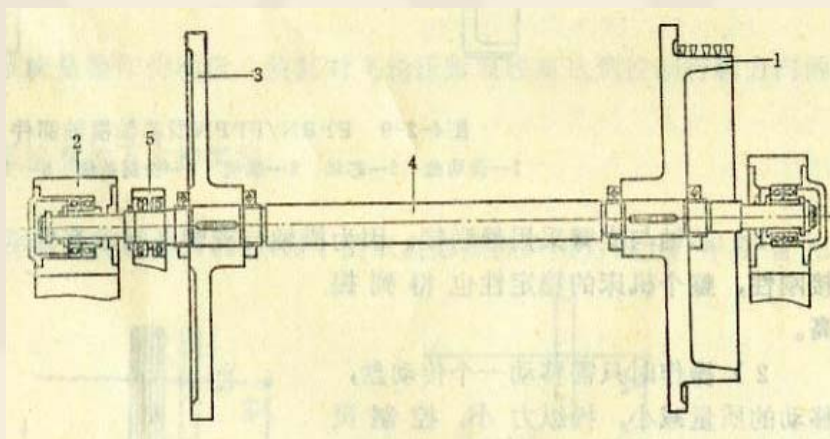
- 打击能量可精确设置，成形精度高，制件公差小，特别适合于精密锻造。
- 由于能精确控制打击能量，可减轻模具载荷，比摩擦压力机模具寿命明显提高。
- 滑块静止时，电机不工作，电耗低。当采用了飞轮能量回收装置后，还可进一步降低电耗。
- 结构简单，故障率低，易于维护，无液压驱动单元，使用维护费用明显减少。
- 可进行程序锻造，主机能自动按预先设置的每工步打击能量运行。
- 打击后，滑块还可在下死点停顿，停顿时间能预先设置，以适应某些工艺的要求。
- 由于采用了变频驱动，不会对工厂电网产生冲击和影响其它设备运行。
- 能方便地调整行程高度，回程位置准确
- 安装了自主研发的吨位指示器，精确控制打击力，保护主机不致超载。





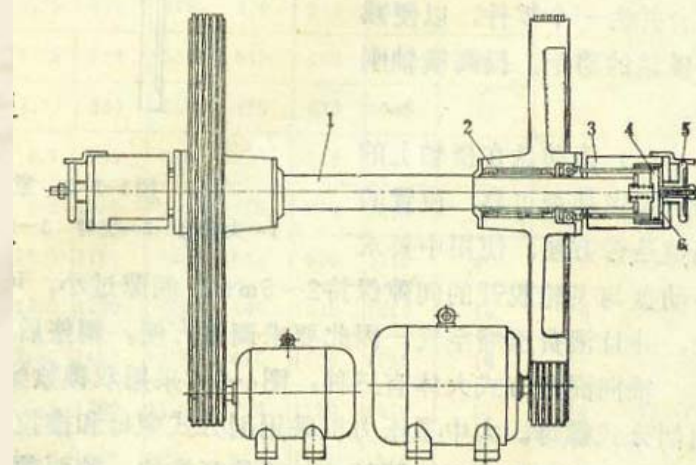
## 5、自主创新的摩擦压力机

华中科技大学与湖北富升锻压机床有限公司合作，80年代中针对现有摩擦压力机的不足，研发成功自主创新的摩擦压力机。



一般摩擦压力机存在以下几个问题：

- (1) 调整摩擦盘与飞轮盘的间隙工作量大，需停车调整。
- (2) 回程时相对滑动速度很大，容易造成摩擦带磨损。
- (3) 滑块下行和回程引起电动机两次降速，对电机工作不利。
- (4) 为了解决调整间隙问题，德国HASENCLEVER公司摩擦压力机横轴结构如图所示，结构复杂，加工难度大。
- (5) 我们的创新如图，解决了上述三个问题，比德国结构简单，此外，调整滑块行程时只需启动一个电机。





## 三、锻造水压机研究进展

### （一）快锻液压机组的研制



#### 1、商品化情况

8MN、16MN、20MN快锻液压机组：锻造液压机、操作机及辅助装置组成机组，计算机控制，一人操作。锻造次数80~120次/分，控制精度 $\leq \pm 1\text{mm}$ ，操作机夹钳旋转精度 $\pm 1^\circ$ ，操作机行走精度 $\pm 10\text{mm}$ 。四班三运转条件下工作。

1995年至今，8MN机组共生产12台，16MN机组共生产9台，20MN机组生产1台。

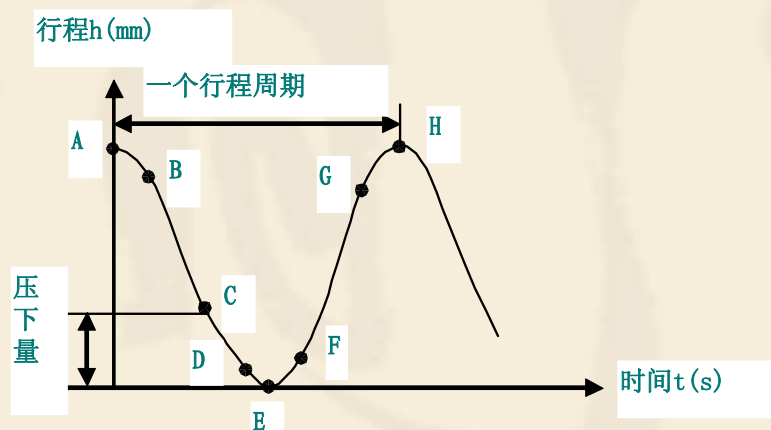
## 2、关键技术

(1) 锻造水（油）压机工作压力高（32MPa），流量大（每分钟数千升），换向频繁（最高达每分钟120次），运动部件活动横梁重达数十吨至一百吨以上，要求在快速锻造时主机和管道工作平稳，活动横梁控制精度达到 $\pm 1\sim 2\text{mm}$ ，技术难度很大。解决这一技术难点的关键是控制策略。

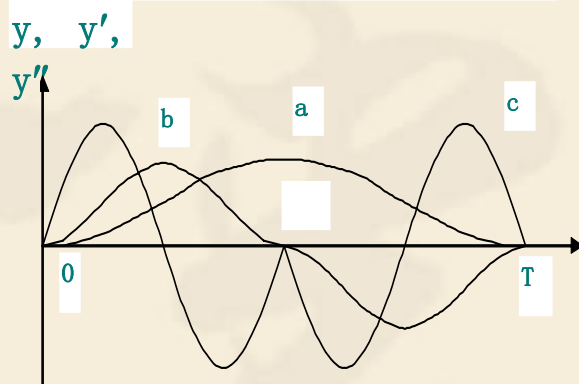
(2) 锻造水压机为关键生产设备，通常在四班三运转条件下工作，工作环境恶劣，对可靠性要求很高。

### 3、锻造液压机组控制技术的研究

#### (1) 活动横梁控制特性



压机行程和时间关系曲线  
(修正的正弦曲线)



修正后动梁 $y$ 、 $y'$ 和 $y''$ 曲线

A-B段为速度渐增的缓降段；

B-C段为快速下降段；

C-D段速度逐渐变小，为加压段；

D-E段为缓慢加压直至下停点E；

E-F段速度较低，以便无冲击卸压；

F-G段为快速回程阶段；

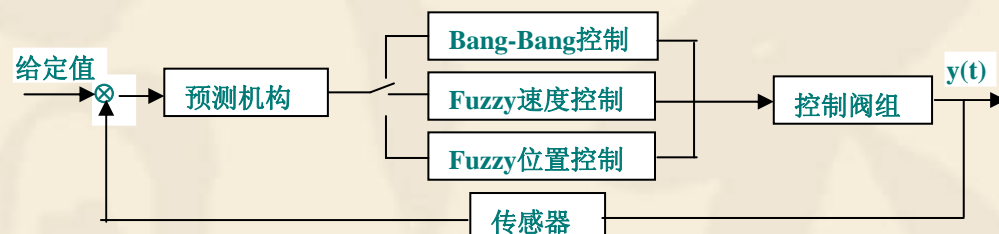
G-H段回程速度渐缓直至上停点H。

活动横梁位移、速度和加速度曲线都很平缓。

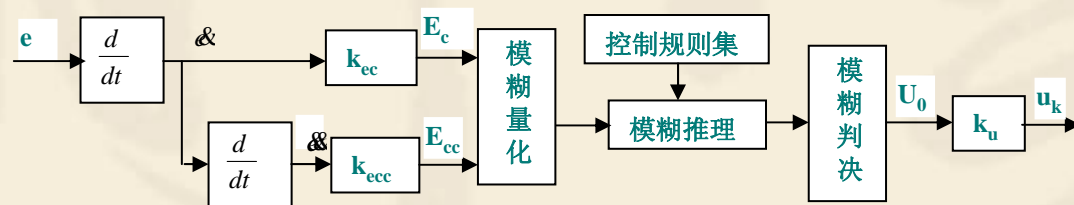
整个曲线具有快速平缓的特性，使液压机活动横梁达到速度快，冲击振动小，运动精度高。



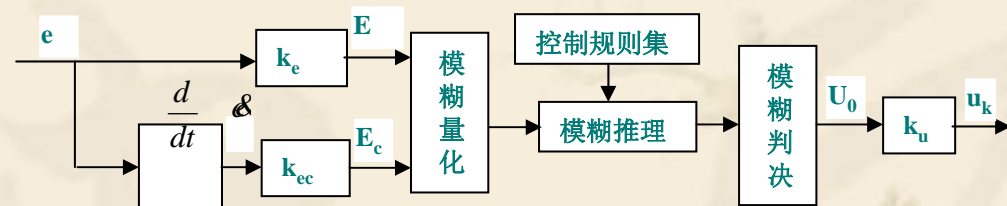
## (2) 预测型多模式模糊控制策略



多模式预测控制系统结构框图



模糊速度控制器



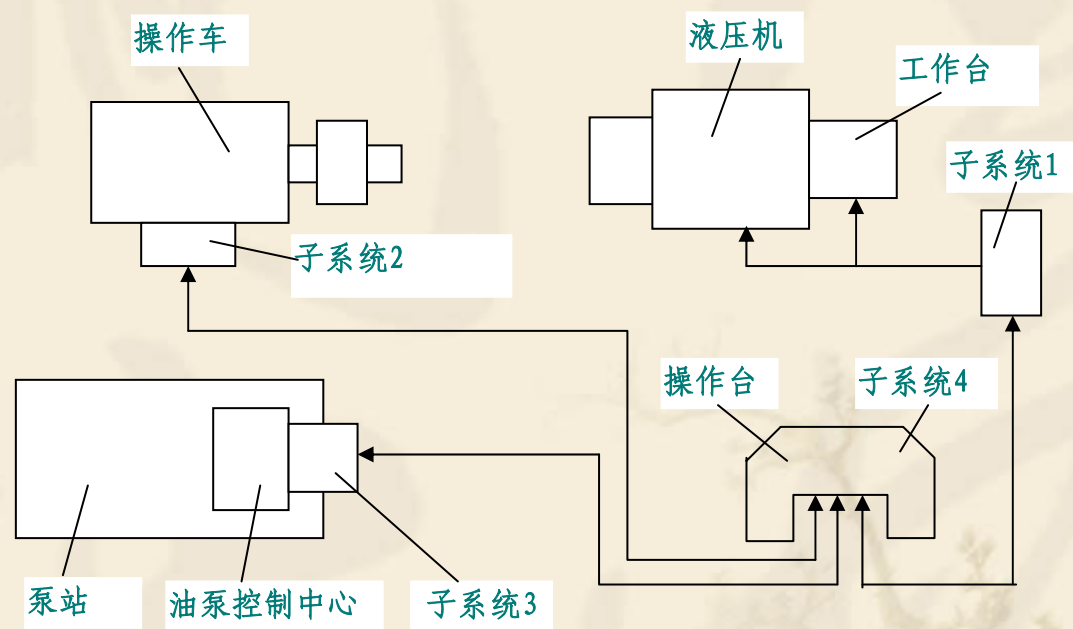
模糊位置控制器

## (3) 预测模糊控制器设计

根据采样时刻  $t$  及前几步系统输出的历史数据，建立系统输出的下一步预测模型。采用基于GM(1, 1) 模型的灰色预测方法，建立数据列的预测模型。

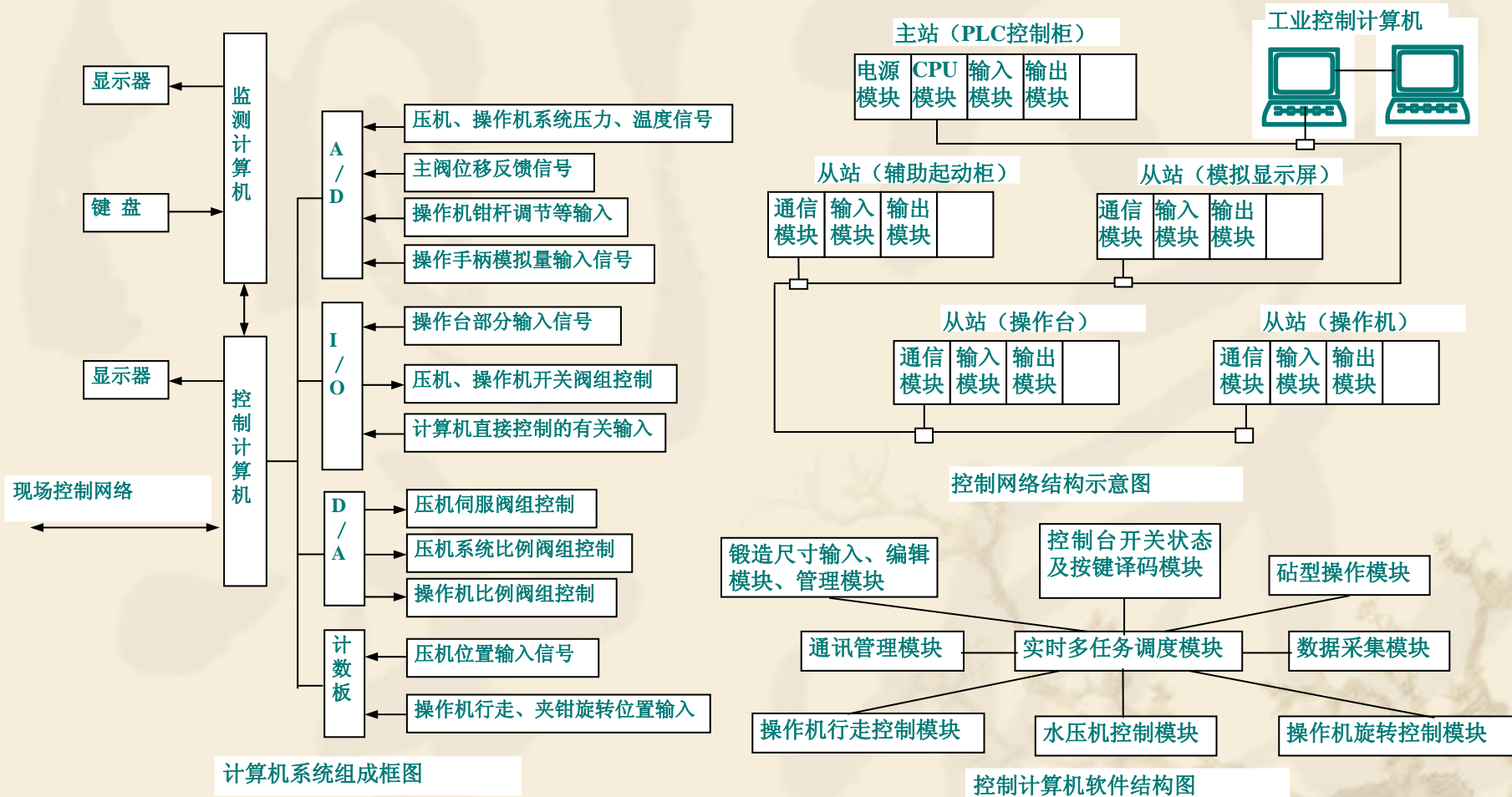
## 4、基于现场总线的锻造液压机计算机控制系统研究

### (1) 典型的进口锻造液压机组计算机控制系统



进口锻造液压机组分布式控制系统

## (2) 华中科技大学研发的基于现场总线的计算机控制系统





## （二）现有锻造液（水）压机改造工程

### 1、我国企业拥有的两类锻造液压机

（1）传统水泵蓄势器传动的锻造水压机

（2）进口的锻造液压机组

### 2、改造工程的技术难点

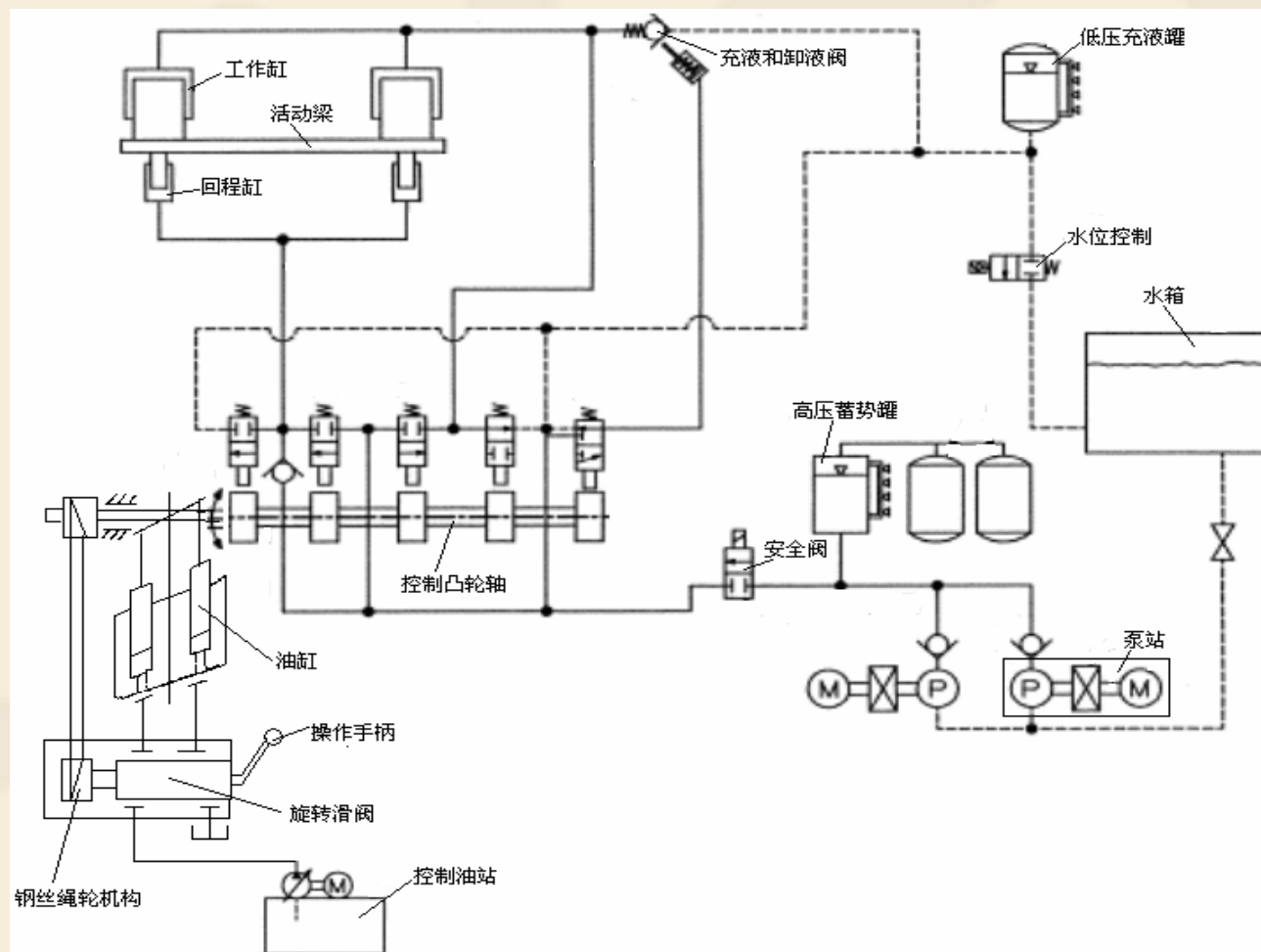
（1）传统水压机采用水泵蓄势器传动，如按现代锻造液压机改造，通称“水改油”，投入十分巨大，企业很难承受，需探索一条投入少、效益高的改造技术路线；

（2）进口的锻造液压机来自不同厂家，必须针对原有设备研发新型的液压和计算机控制系统代替原系统；

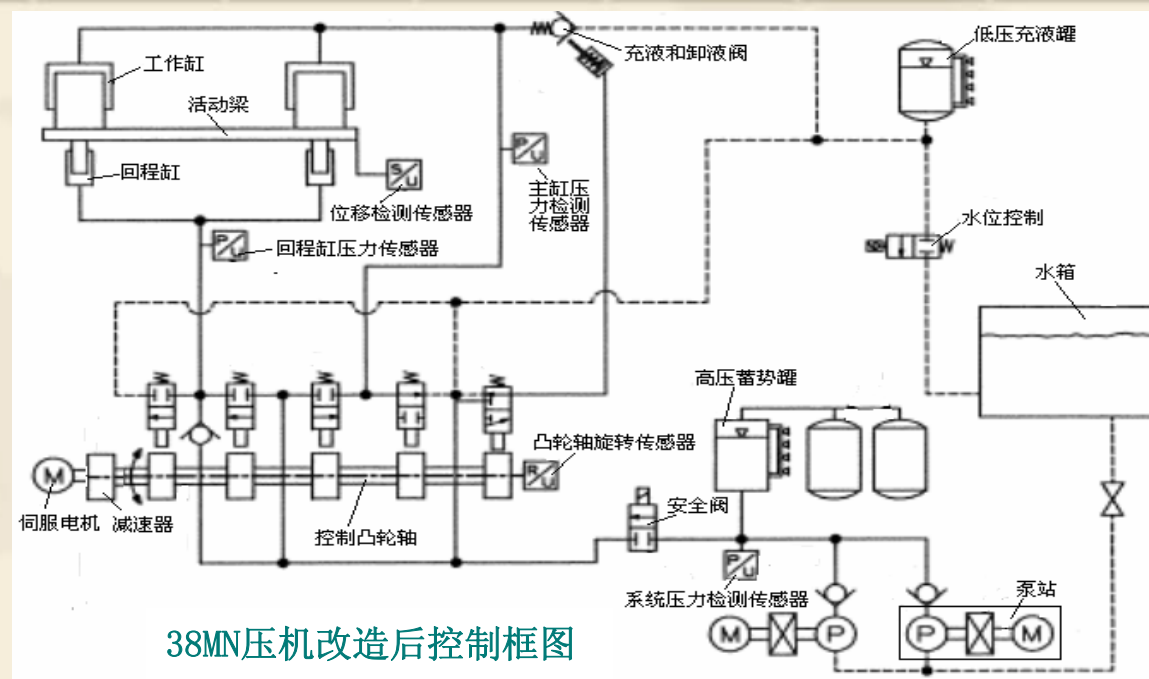
（3）锻造水压机为关键生产设备，通常在四班三运转条件下工作，工作环境恶劣，对所改造后的机组工作可靠性要求很高；

（4）锻造水压机生产任务繁重，企业只能安排很短的停产时间进行改造，并要求一次成功，对改造方案、工程设计、硬件制造和软件开发的可靠性要求极高。

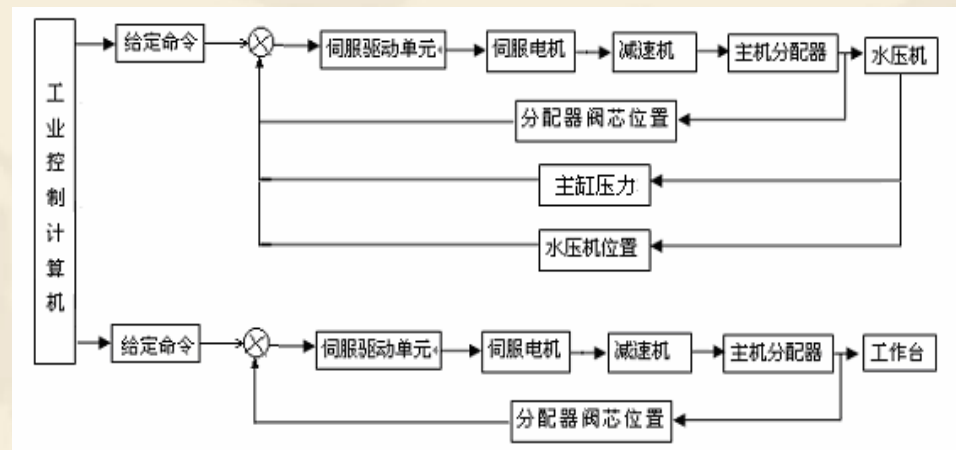
### 3、传统水泵蓄势器式38MN锻造水压机改造工程



38MN压机改造前控制框图



38MN压机改造后控制框图



38MN锻造水压机控制结构图



●采用预测型多模式模糊控制技术，活动横梁控制精度可达 $\pm 2\text{mm}$ ，水压冲击显著减轻。

●采用交流伺服电机传动替代原液压和其它类型接力器，大幅度提高了水阀分配器的工作可靠性，减少了维修工作量，避免了液压传动泄漏引起的污染。

●水压机运行过程由计算机控制，不受工人操作熟练程度的影响。

●可以实时显示和控制水压机活动横梁位置。

●可以实时监测水压机偏心载荷，防止主机损坏。

●操作简便省力，可自动控制和手动操作。



#### 4、首钢进口的正弦泵驱动的PAHNKE 10MN锻造液压机组改造工程



首钢特钢公司锻造厂 10 MN机组改造工程



## 5、长钢进口的大通径伺服滑阀阀控日本三菱20MN锻造液压机组改造工程



华中科技大学研发的预测型多模式模糊控制技术和基于现场总线的锻造液压机计算机控制系统，对现有锻造液压机几种主要类型的液压控制系统都适用。