

# 基于PLC控制折弯机双缸同步运行的设计

甘肃天水锻压机床有限公司 (741020) 张 辉

**【摘要】** PLC可编程控制器易学易用，其优点在于程序可编辑，外设可调配，在工业自动控制领域中的应用非常普遍。我们采用了一款最经济的标准顺序型控制主机DVP24ES200R可编程序控制器和一款数模转换模块DAP04DA-E2，设计了一套控制软件，根据滑块移动时光栅尺脉冲信息的反馈，经过软件程序的检测确定位置的误差，然后进行位置校正，来保证两液压缸的同步运行。

本文对整个作业控制系统进行了简单的剖析，再对液压控制系统和电器驱动电路进行了详细的阐述，绘出工件折弯工作图。程序设计由于篇幅所限，给出程序流程框图，然后对框图作了连文字带程序语句的详尽表述。

PLC是可编程逻辑控制器的英文缩写，其产生主要是为了取代传统的继电器控制系统，具有清晰的继电器控制系统的逻辑性，又有鲜明的计算机技术的特点，近年来在工业自动控制领域中的应用非常普遍。目前市面上折弯机的数控系统产品有很多，但价格都很高。本文用了一款最经济的标准顺序型控制主机DVP24ES200R可编程序控制器，并以其为控制中心，设计了一套控制系统，对如何控制折弯机滑块上的两液压缸活塞杆的同步运行进行了深一步的探索。

## 1. DVP24ES200R控制液压缸的同步运行

数控折弯机同步系统是由PLC根据滑块移动时的位置反馈信息，经过PLC的分析比较后再用比较结果进行程序处理，来保证两液压缸运行的同步。简化的闭环作业系统框如图1所示。

液压缸活塞杆的上下移动主要依靠两个三位四

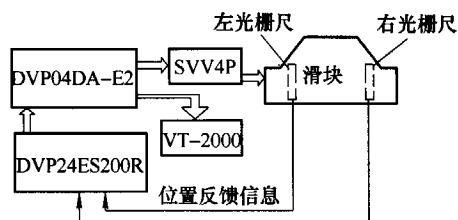


图1 PLC控制滑块框

通电液比例阀控制，滑块移动时的位置反馈信息来自两付光栅尺的脉冲信号。而电液比例阀流量的大小又受控于电液比例放大器，因此PLC对三位四通电液比例阀的控制实际上就是对比例放大板的控制。DVP24ES200R通过I/O扩展口向数模转换模块DAP04DA-E2写入数据，提供直流电压驱动电液比例放大器SVV4P。左右光栅尺的副尺把合在滑块背面，VT-2000是一个比例放大器，是用来控制液压系统中的一个直动式比例压力阀，该压力阀是液压系统中的一个主压力阀，起压力保护作用。

## 2. 液压系统控制液压缸活塞杆的动作分析

液压缸活塞杆的同步移动其根本还是液压系统的控制，因而有必要对液压系统中液压缸活塞杆的工作过程作一个详细的分析，折弯机的液压控制原理见图2。

(1) 机床起始状态 电磁铁YA1、YA2、YA3、YA4、YA5断电，此时三位四通比例阀9的阀芯停在中间P-A油路不通，溢流阀10的可承受压力又足够大，液压缸YG下腔的油无法流出，上腔的油和油箱1相通，活塞杆不动。

(2) 活塞杆快下 电磁铁YA1、YA2通电，三位四通比例阀9 P-B油路导通。这时液压缸YG下腔的油经先导锥阀12、三位四通比例阀9A-T、液控阀13流向液压缸YG上腔，同时因活塞杆和滑块

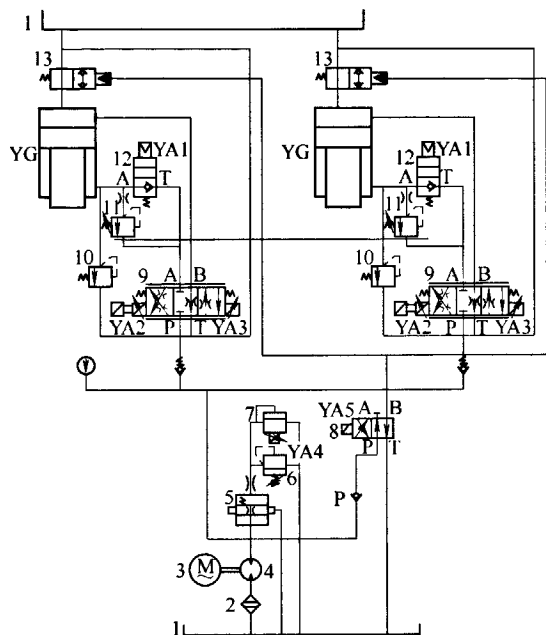


图2 液压缸活塞杆液压驱动原理

- 1.油箱 2.滤油器 3.电动机 4.油泵 5.压力插件 6.流量阀  
7.比例压力阀 8.二位四通方向阀 9.三位四通比例阀  
10、11.溢流阀 12.锥阀 13.液空阀

部分相联，靠下行惯性，活塞杆也从油箱1中吸油进入液压缸YG上腔，滑块快速下行。

(3) 活塞杆工进 YA2断电，使三位四通比例阀9的阀芯停在中间后，电磁铁YA5、YA4通电，YA1断电。YA5通电则让液控阀13的动作油路截止，隔断了液压缸YG上腔和油箱的直通油路，使液压缸YG上腔产生压力。YA4通电让比例压力阀7动作，其与压力插件5、压力流量阀6构成一个压力控制回路；整机最大压力由压力流量阀6在整机调试时手动调出（WE67K-63/2500折弯机的最大压力为26MPa）。再让YA2通电使三位四通比例阀9P-B油路导通。这时，由于YA1断电，先导锥阀12被截止。溢流阀11在一定油压作用下油路被导通，下腔的油液经溢流阀11、三位四通比例阀9流回油箱，油箱的油液经滤油网在油泵电机的作用下，经压力单向阀、三位四通比例阀9流向液压缸上腔。锥阀12、溢流阀10、11在本液压系统中构成一个卸荷保护回路，当油压再大到一定程度，溢流阀10就导通，使油液直接流回油箱1。

(4) 系统保压 上模压制工件到位时，工进时的状态保持不变，保持3s。在这个过程中，如果液压缸YG上腔的压力过大，油路中压力控制回路就起作用；如果液压缸YG下腔的压力过大，卸

荷保护回路就会起作用。

(5) 滑块快回 电磁铁YA2断电，YA5断电，YA3通电使三位四通比例阀9P-A油路导通。油箱的油经三位四通比例阀9和锥阀12进入油箱下腔，液压缸上腔的油一部分经液控阀13流回油箱，一部分经三位四通比例阀9回油箱。回复机床起始状态时，各电磁铁均断电，完成一个工作流程。

### 3. 电器硬件的接口电路

将可编程控制器DVP24ES200R和数模转换功能模块DVP04DA-E2的配线分开进行阐述。

DVP24ES200R的接线如图3所示。根据需要采用光栅尺的A相、B相、Z相及两根+5V的电源线。两组A、B相线分别接于DVP24ES200R的X0~X3端点，对应于端点的高速计数寄存器D235~D238记录接收脉冲个数，Z相信号线用于滑块回归到起始位置时的归零判断。端点L、N接在220V交流电源上，接有熔断器保护1FQ和控制开关1SA。按钮SB1、SB2、SB3和24G直流电压并联相接，经端点X10、X11、X12接入DVP24ES200R用以启动、操作、停止整个控制系统。电磁线圈YA1、YA直接由DVP24ES200R控制。

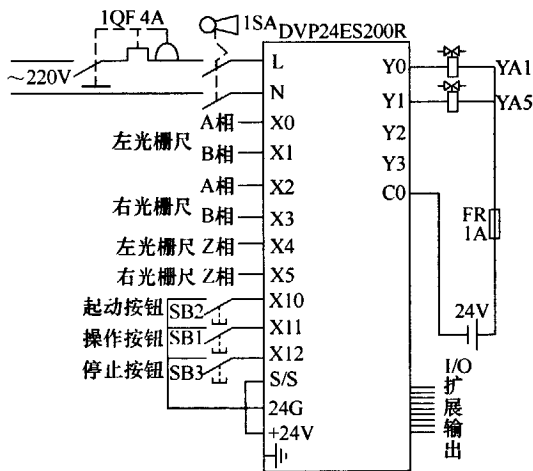


图3 DVP24ES200R接线方式

数模转换功能模块DVP04DA-E2的配线见图4，DVP04DA-E2通过I/O扩展功能口接收来自主机DVP24ES200R的4组16位数字量，再将数字量转换为4点模拟量的直流电压输出信号。SVV4P是一个双路比例放大器，DVP04DA-E2的V01端点可输出直流电压-10V~+10V提供给SVV4P比例放大器的差动输入端点2a、2c以驱动左液压缸的三位四通比例阀，V02端点可输出直流电压-10~

+10V提供给SVV4P比例放大器的差动输入端点12a、12c以驱动右液压缸的三位四通比例阀，V03端点输出+5V的直流电压作为左右光栅尺的供电电源，V04端点输出+10V直流电压作为VT-2000比例放大器差动输入端点的驱动信号控制电磁铁线圈YA4。

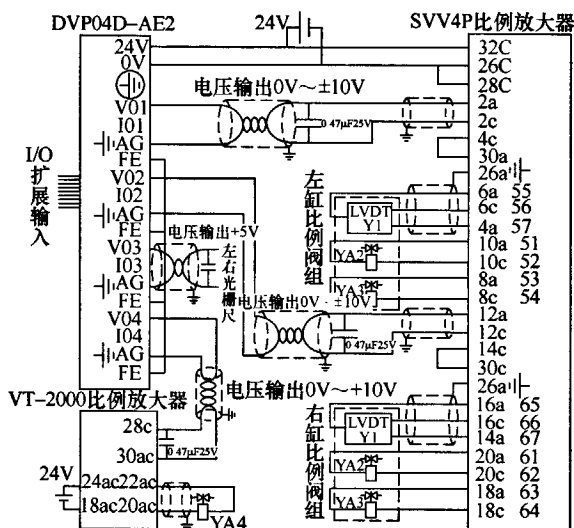


图4 DVP04DA-E2驱动方式

#### 4. 控制软件的流程设计

软件设计的核心就是DVP24ES200R的高速计数器对光栅尺反馈的脉冲进行计数，并以左光栅尺的脉冲数为基准对右光栅尺的脉冲数进行位置检测和位置校正以确保两液压缸同步运行。从这个思路出发，结合上述液压控制及电器驱动电路图设计出如图5所示的软件程序流程。

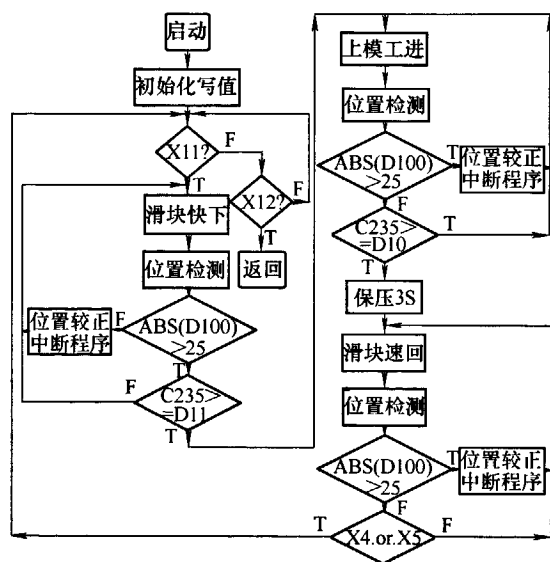


图5 软件程序流程

D10、D11、D100是寄存器。C235自动记录来自光栅尺的脉冲数，D100作为预设的位置检测装置，D10、D11分别存放滑块实际工作行程和滑块快下行程数据。

(1) 程序的初始值写入 整个控制系统一起动，初始参数就开始写入，上下模具折制工件示意如图6所示。可以看出：

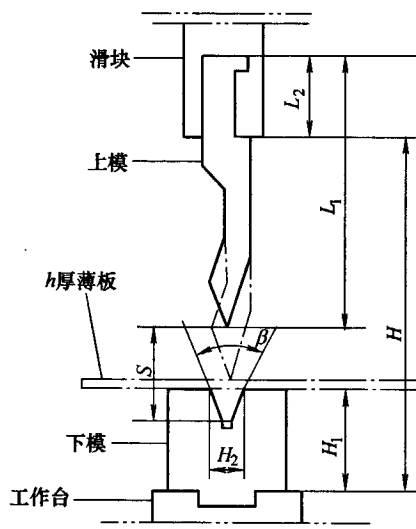


图6 上下模折制工件示意

滑块实际工作行程  $S = H - (L_1 - L_2) - (H_1 - \frac{1}{2}H_2 \times \cot \beta) - h$

滑块快下行程  $S_1 = S - \frac{1}{2}H_2 \times \cot \beta - 3$

上模进入工进时距折制板件的距离为3mm， $L_1$ 为上模总高， $L_2$ 为上模和滑块相嵌部分， $H_1$ 为下模高度， $H_2$ 为V形槽宽度， $\beta$ 为V形槽角度， $h$ 为钢板厚度， $H$ 为滑块到工作台的距离，还有经计算所得的 $S$ 、 $S_1$ 。这些数据作为初始值在机器启动时就写入在固定的单元寄存器D0~D11中。还有一部分重要的参数就是对特殊的I/O模块DVP04DA-E2初始值设置。在本系统中DVP24ES200R连接了一台数模转换模块DVP04DA-E2被默认为0号模块，时占用寄存器D9900—D9903，对应DVP04DA-E2的4个数模转换通道亦即四个端点V01、V02、V03、V04，其电压输出范围为-10~+10V，向对应的控制寄存器写入固定的值就可得到固定的电压输出，输出电压与写入的数据的特征曲线可由下式来表示：

$$Y(V) = \left[ \frac{X \times (\text{Gain} - \text{Offset})}{16000} + \text{Offset} \right] \times \frac{10}{32000}$$

其中Y—电压输出；

X—数字值写入；

Gain—增益变量，当输入16000时的电压；

Offset—微调变量，当输入0时的电压输出。

DVP04DA—E2模拟量输出模块共有118个控制寄存器，控制寄存器的初值在出厂时都已经设定完整，在设计控制程序时经常要进行读写的只有21个。根据其特征曲线的公式，定义这19个控制寄存器为：CR#0、CR#1为寄存器内容为系统内定，只可读取。CR#2~CR#5为4个通道的输出模式的设定值（0：电压，1：电流，-1：关闭通道）。CR#16~CR#19为4个通道输出电压的设定值（K-32000；-10V，K0；0V，K32000；+10V）。CR#28~CR#31为4个通道输出微调变量Offset的设定值（K0，0.3125mV）。CR#34~CR#37为4个通道输出增益变量Gain的设定值（K16000，+5V）。CR#40：禁止设定值变更，CR#41：储存所有的设定值，CR#42：恢复出厂时的设定值。

上述控制寄存器CR#2~CR#37在程序初始化时给予初始设定，端点V03要提供+5V直流电压作为光栅尺的供电电源且在整个系统执行过程中保持不变，以其为例说明对通道CH3的设定见图7。

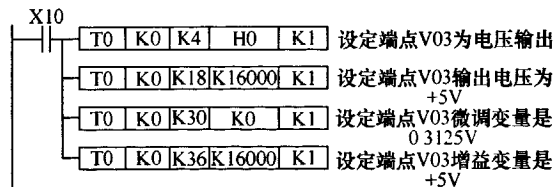


图 7

(2) 位置的检测与位置的校正 这部分是整个控制系统的核心，在具体的程序设计时，直接用MOV指令向寄存器D9900~D9903写入数字值可直接控制V01~V04的输出电压。考虑到实际控制的需要，让端点V01、V02、V04输出-8V~+8V的直流电压，以便在控制比例阀的开度流量时，有个可调整的范围来保证两液压缸同步。位置的检测来自光栅尺的脉冲，使用光栅尺的栅线为50线对/mm，可以计算出一个脉冲代表的一个栅距为0.02mm。滑块快速下行和返程的速度为90mm/s，那么滑块快速移动时产生的脉冲频率为4.5kHz，一个脉冲的周期约为0.22ms，这在DVP24ES200R高速计数器允许范围之内。设定滑块下行为正向，寄存器D100被预设为检测装置，对应的高速计数

寄存器是C235、C237，位置的检测梯形图描述见图8。

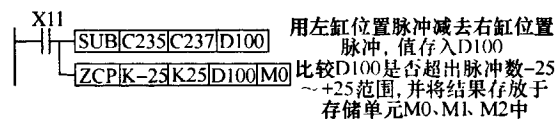


图 8

以左液压缸为基准允许右液压缸超前或滞后25个脉冲亦即±0.5mm，一旦超出则调用中断子程序给予校正。根据M0、M2的值，滞后则向D9901写入数字值K32000让V02输出+10V的直流电压，超前则向D9901写入数字值K19200让V02输出+6V的直流电压。校正中断子程序描述见图9。

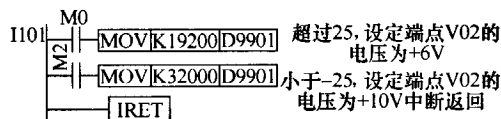


图 9

(3) 滑块快下 让电磁铁YA1通电，向寄存器D9900、D9901写入数字值K25600，端点V01、V02输出+8V的直流电压电磁铁YA2通电，滑块快下。

(4) 滑块工进 先进行速度转换，向寄存器D9900、D9901写入数字值K0，端点V01、V02输出+0V，再让电磁铁YA1断电，YA5通电，滑块缓慢避免产生振动。再向寄存器D9903写入K32000，端点V04输出+10V的直流电压，向D9900、D9901写入数字值K25600滑块工进。

(5) 滑块返程 滑块下行到位系统保压，持续3s后，向寄存器D9900、D9901写入数字值K0，端点V01、V02输出为0V使系统卸压。电磁铁YA5断电，再向寄存器D9900、D9901写入数字值K-25600，端点V01、V02输出-8V直流电压电磁铁YA3通电，滑块快速返程。返程时采样的是来自光栅尺的B相脉冲，其对应高速计数寄存器是C236、C238，调用中断子程序给予校正时滞后则向D9901写入数字值K-32000让V02输出-10V的直流电压，超前则向D9901写入数字值K-19200让V02输出-6V的直流电压。

(6) 回归零位 滑块返程到位，光栅尺Z相发出脉冲，各电磁铁断电，滑块完成一个工作流程。

## 5. 结语

用PLC进行系统性的数控开发是我们一个新的

(下转第29页)

时, 由于连皮在正挤时冲出, 后经挤压成形, 避免了因机加工方法去除不通孔所造成的金属纤维被切断的现象, 大幅提高了轴头承载能力和力学性能。锻件设计时, 成品零件重量与锻件重量之比值为  $0.77 \sim 0.82$ 。该生产线为流水线作业, 生产效率大幅提高, 可满足现代化大批量生产的需要。在调试过程中, 反挤时出现抱冲头现象, 通过采用倒拔模斜度方法, 解决了此问题。

(2) 影响热挤压工艺稳定性的因素及存在问题 若模具形状设计不合理, 挤压力将急剧上升, 模具寿命大幅降低。正挤时角度 $2\alpha$ 取 $120^\circ$ , 圆角平滑过渡。既保证挤压力上升平缓, 又防止在正挤过程中坯料局部被剪切而产生折叠现象。毛坯加热温度要均温, 保证金属在流动时速度的一致性, 防止坯料在正挤过程中杆部出现单边现象。另外, 合理的挤压速度, 以及冲头寿命、挤压成形时空气排出(通过增加排气槽的方法解决)、挤压成形时抱冲头(通过加卸料板或倒推拔形式解决)、模具润滑、冲孔连皮冲出不畅等问题的解决也非常重要。

模具冷却不到位,压套与凹模导向部位因热胀使压套与凹模抱死。正挤时模具润滑不好,摩擦阻力加大,金属的流动很不一致,金属流线的坐标网

格有强烈的扭曲, 死角高度增加, 杆部弯曲, 严重时可将冲头掰断。模具设计时, 通过计算机模拟可有效解决各工序材料分配, 同时可减少工艺调试次数, 节约调试费用。

经过长期的摸索、实践，上述存在的影响因素已经得到有效控制，减少了新产品开发周期，保证了流水线生产的正常进行。

### 3. 结语

通过大量生产, 结果表明, 新工艺优点如下:

(1) 锻件重量比原工艺锻件减轻6.3 kg左右,材料利用率大幅提高。

(2) 改善了工作环境，减轻了工人的劳动强度。

(3) 生产效率提高, 原每班生产80~110件, 现提高到每班生产400~480件, 适应现代化大批量生产要求。

(4) 减少了机加工费用。

CK系列轴头套管热挤压工艺的应用，为我公司增强市场竞争力提供了可靠的工艺保障，节约了成本，同时为我公司带来了较大的经济效益。MW

(20110301)

(上接第20页)

处理加热炉，锻件在转移时不是水平方向移动，而是由上而下的垂直移动，其移动方式接近于自由落体，从而实现了工艺要求的最快转移。

与固溶淬火加热炉相配套的时效强化加热炉炉体较长,因为淬火后的锻件要集中在一起于规定的时间内进行时效强化处理。

### 3. 结语

进行铝合金锻造，选择哪类成形设备，要综合企业的生产工艺、产品品种的多少与批量的大小、辅助设备的配置状态、企业资金实力状况，以及员工技术力量水平等各种情况进行全面考虑而决定。MW

(20110412)

(上接第27页)

尝试, 可编程控制器的优点在于一个“可”字, 从软件来讲, 其控制程序可编辑、可修改, 从硬件上讲, 其外部设备配置可调整变化, 易学易用。

在做这套控制系统之前,参阅了公司现有折弯机的数控系统资料,如DA65W、DNC880S、DA56等,其核心部分控制方法、控制参数的设定、开放性扩展语言接口等都只字未提。本文所述的控制系统已经在电器试验室及折弯机的装配工作调试现场进行了试验性的验证,效果比较理想。但必尽还处于研发阶段,控制方法和位置检测的手段还需继续探讨和反复试验,有些参数还需完善。我们已经有了一个很好的开始,继续努力,一定能开发出适合于我公司自己的折弯机数控产品。**MW**

(20110421)