

微机控制 8500KN 液压熨平压花机

数学模型的建立与分析

周 新 建

(机械工程系)

摘 要

本文介绍一种单片机控制的 8500KN 液压熨平压花机的工作原理, 液压系统组成, 液压系统数学模型的建立与计算机仿真分析。

关键词: 液压熨平机; 数学模型; 计算机仿真

1 液压熨平压花机的工作原理

液压熨平机是制革厂对皮革表面进行精整加工的必备设备之一。液压熨平压花机有压花和熨革两种功能, 熨革是将革胚在两块平整的上下工作台板之间加热加压, 使革面所加树脂塑化, 并使塑化后的树脂变形受压与革面粘合, 使革面光滑平整; 压花是将革胚在压花板和平板之间加热加压, 由于压花板的作用, 使加热加压塑化冷却后的革面留下与压花板一模一样的花纹, 这是一种美化皮革新工艺。

微机控制 8500KN 液压熨平压花机液压系统原理图如图 1 所示。皮革置于上下工作台板之间, 上工作台板固定不动, 其下部装有熨板, 下工作台板在油缸作用下往上移动, 挤压上下工作台板之间的皮革, 对皮革进行加热加压。熨革完毕, 系统压力卸荷, 下工作台在自重作用下往下移动。下工作台的工作过程为:

快速上升——加压——保压——卸压——快速下移。

压力系统为闭环控制, 根据皮革压制工艺参数确定的压力值作为给定信号由键盘输入给

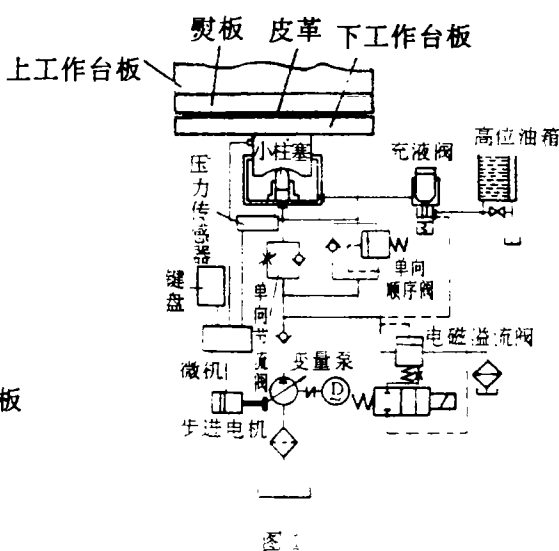


图 1

本文于 1994 年元月 10 日收到

微机，在微机中与反馈压力信号进行比较得误差信号，计算机根据误差信号进行数字 PID 调节后输出控制脉冲，使步进电机转动，油泵流量相应改变。通过改变流量来改变系统的压力，系统压力向误差减小的方向改变，最终稳定在给定的压力值。在工作台快速行程阶段，通过改变步进电机的转角即可改变油泵的流量，实行对工作台速度的开环控制。

2 液压熨平压花机压力系统数学模型的建立

压力系统控制框图如图 2 所示，由微机、电液数字变量泵、液压控制阀、液压缸、压力传感器等组成。

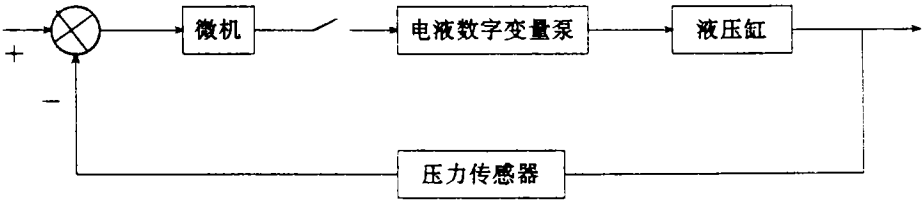


图2

2.1 电液数字变量泵数学模型的建立

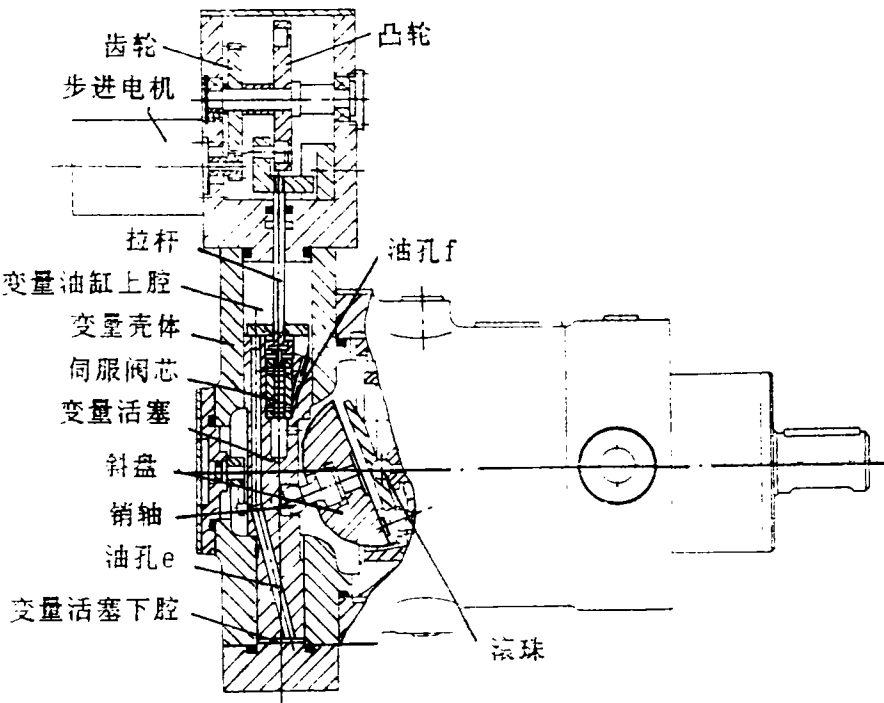


图 3

电液数字变量泵的结构如图 3 所示。它是利用 25CCY14—1B 型手动伺服变量轴向柱塞泵改制而成。由泵体、变量斜盘、变量活塞、伺服阀芯、凸轮机构、步进电机等组成。

2.1.1 步进电机至拉杆部分的数学模型

步进电机至拉杆部分视为刚性环节,其数学模型为: $\Delta x_0 = K_0 \Delta \theta$ 。

式中 Δx_0 ——拉杆位移; $\Delta \theta$ ——步进电机转角; K_0 ——系数。

2.1.2 油泵变量部分数学模型

变量部分数学模型描述变量活塞位移 x_p 与阀芯位移 x_0 之间的动态特性,可由以下方程描述:

$$(1) \text{ 伺服阀芯相对于变量活塞的运动方程 } \ddot{x}_0 = (x_0 - V) - K_f x_p \quad (1)$$

$$(2) \text{ 伺服阀流量方程 } Q_L = K_q x_0 - K_c P_c \quad (2)$$

$$(3) \text{ 变量活塞大腔的流量连续性方程 } Q_L = A_c \frac{dx_p}{dt} + C_{ip} P_c + \frac{V_0}{\beta_c} \frac{dP_c}{dt} - C_{ip} P_i \quad (3)$$

$$(4) \text{ 变量活塞受力平衡方程 } P_c A_c - P_i A_r = M_i \frac{d^2 x_p}{dt^2} + B_p \frac{dx_p}{dt} + F_L \quad (4)$$

符号说明:

x_0 : 阀芯开口量;	V : 滑阀负开口量;
K_f : 活塞位置反馈放大系数;	x_p : 活塞位移;
K_q : 伺服阀流量系数;	K_c : 伺服阀压力流量系数;
Q_L : 负载流量;	P_i : 供油压力 (油泵出口压力);
A_c : 变量活塞大端面积;	V_0 : 初始油液体积;
B_p : 负载摩擦阻尼系数;	P_c : 变量活塞控制腔压力;
A_r : 变量活塞小端面积;	M_i : 负载总质量;
F_L : 负载力	

式 (1)、(2)、(3)、(4) 经拉氏变换可得传递函数框图如图 4 所示。

其中

$$\omega_h = \sqrt{\frac{\beta_c A_c^2}{M_i V_0}};$$

$$\delta_h = \frac{K_{cq}}{2A_c} \sqrt{\frac{\beta_c M_i}{V_0}} + \frac{B_p}{2A_c} \sqrt{\frac{V_0}{\beta_c M_i}};$$

$$\omega_z = \frac{\beta_c K_{cq}}{V_0}.$$

可以证明 ω_h 为一甚高自振频率,此二阶环节可以略去,故图 4 可简化为图 5 所示。

由图 5 表明,电液数字变量泵变量部分具有以下特点:

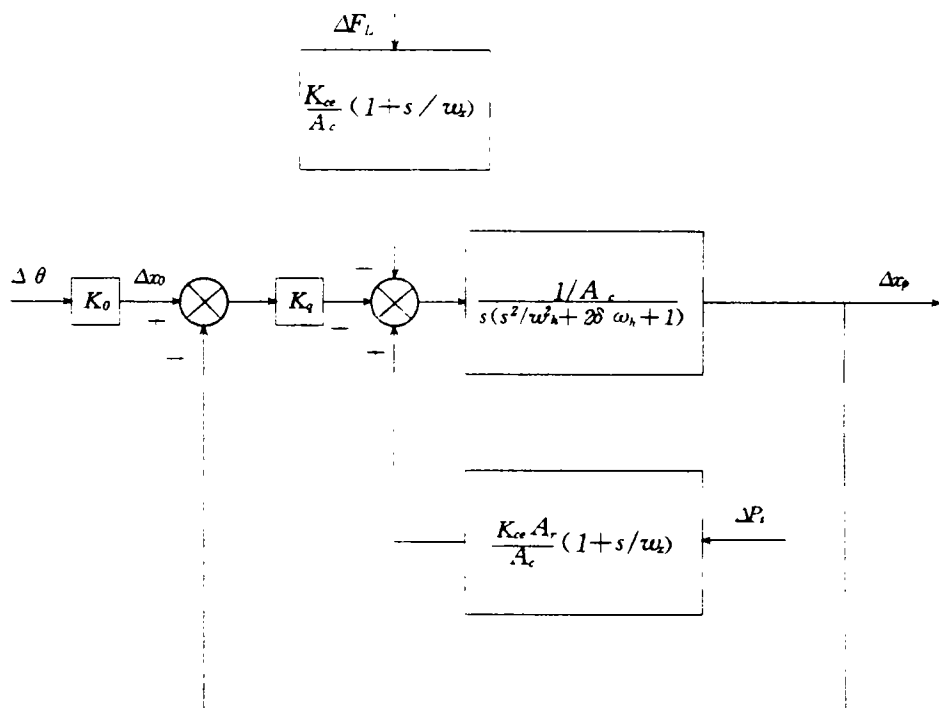


图4

(1) 稳态时变量活塞位移与步进电机转角成正比。

(2) 先导阀口零位附近的流量增益和压力增益, 决定了这种调节方式的响应性能。由于先导阀(即伺服阀)口与阀芯之间存在负开口量 V , 将对整个压力控制系统产生非线性影响, 但这一点可通过微机软件补偿的方法加以解决。

(3) 变量力矩的脉动对变量活塞定位的影响很小, 因为, 相应的位置刚度很大, 故这一项可以略去。

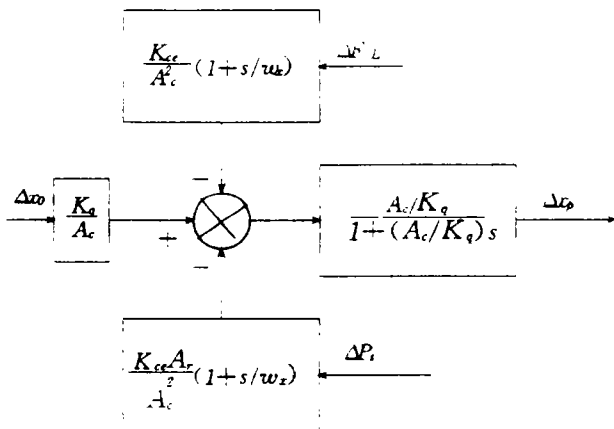


图5

$$\frac{\Delta F_L}{\Delta x_p} = -K_{Kc}A_c \quad (\text{位置刚度})$$

式中 K_{Kc} 为伺服阀压力系数。

2.1.3 油泵本体部分数学模型

油泵本体部分数学模型描述变量活塞位移 Δx_p 和油泵输出流量 ΔQ_p 之间的关系, 可视为比例环节, 传递函数为:

$$\Delta Q_p = K_1 \Delta x_p = K_{pn} \Delta x_p$$

式中 K_p ——比例系数;

n_p ——油泵转速.

2.1.4 油泵总的传递函数

油泵总的传递函数框图如图 6 所示.

2.2 泵缸压力系统数学模型

液压缸——负载的动态特性可用以下两个方程描述:

$$\Delta Q_p = A_p s \Delta x + C_{ip} \Delta P_i + \frac{V_o}{\beta_e} s \Delta P_i, \quad (6)$$

$$\Delta P_i A_p = M s^2 \Delta x + B_L s \Delta x + K_s \Delta x. \quad (7)$$

式中 M : 负载质量;

B_L : 负载粘性阻尼系数;

K_s : 负载弹簧刚度;

A_p : 活塞面积;

Δx : 下工作台位移;

ΔQ_p : 油泵输出流量;

$C_{ip} = C_{ip} + C_{ep} + C'_{ip} + C'_{ep}$. (泵和油缸总泄漏系数)

式(6)、(7)画成传递函数框图如图 7 所示.

由于 $\Delta x = 0$ (压制过程中), 故图 7 可简化为图 8 所示.

2.3 微机控制 8500KN 液压熨平压花机压力控制系统数学模型

前面分别建立了电液数字变量泵及泵缸系统的数学模型, 将其串起来即可建立整个压力控

制系统的数学模型. 图 9 为整个压力控制系统的传递函数框图.

其中, K_{pf} 为压力传感器反馈系数.

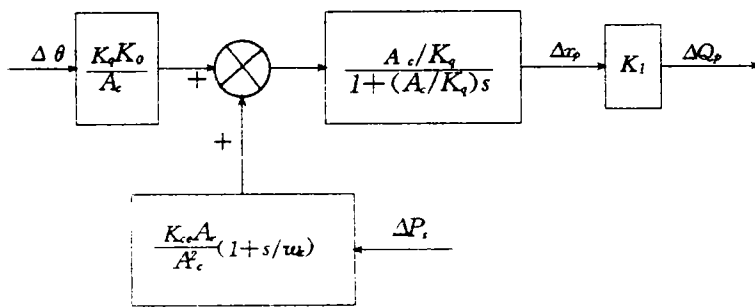


图6

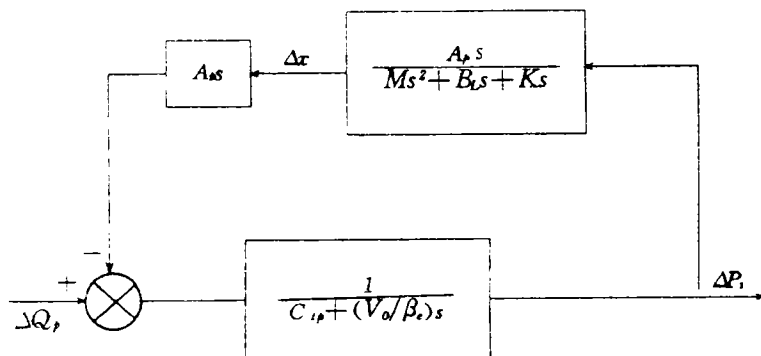


图7

3 计算机仿真分析

前面建立了微机控制
8500KN 液压熨平压花机压力控制系统的传递函数

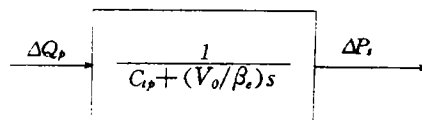


图8

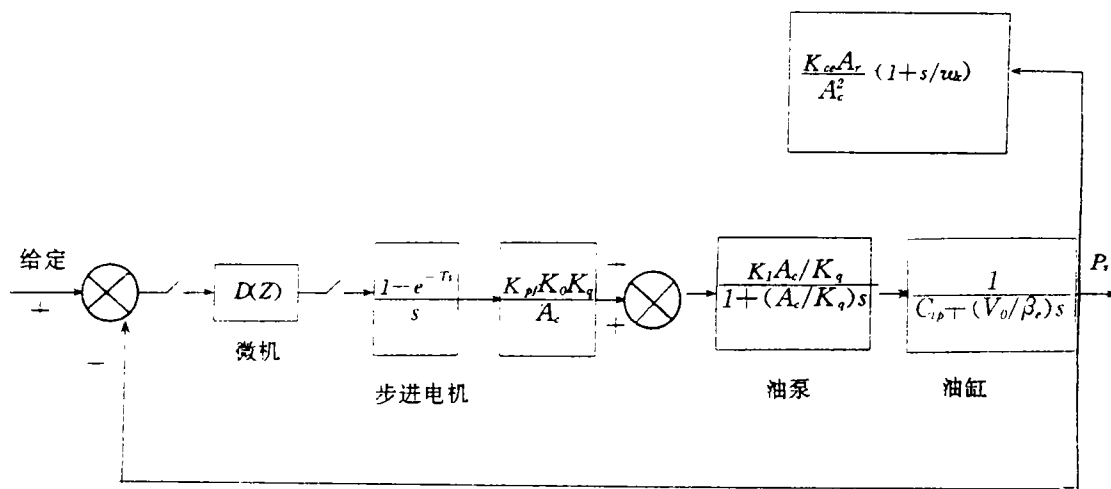


图9

框图,下面将面向该传递函数框图进行计算机数字仿真分析,以便对系统的性能做具体的分析。

3.1 性能指标

根据熨平工艺对熨平机液压系统压力的要求,确定压力控制系统的性能指标如下:

- (1) 压力偏差值 $\pm 0.5M_{ps}$;
- (2) 瞬态响应时间 $t_s = 5s$;
- (3) 最大百分比超调量 $M_p = 4\%$ 。

3.2 系统校正

为了对压力控制系统进行校正,以改善系统的动态品质,本系统设置了数字 PID 调节器 $D(Z)$,通过微机来实现。

3.3 计算机数字仿真分析

为了了解微机控制 8500KN 液压熨平压花机压力控制系统的动态性能是否满足前面提到的性能指标,下面将对其数学模型进行计算机仿真分析。通过仿真分析可以了解压力系统参数变化对系统动态响应的影响,同时还可确定数字 PID 调节器 $D(Z)$ 的合理参数 K_p, K_i, K_d 。

微机控制 8500KN 液压熨平机压力控制系统为一采样控制系统,其中包括数字控制器 $D(Z)$ 以及被控对象,因此,宜采用下面的方法进行仿真,即将数字控制器 $D(Z)$ 与连续部分分开进行。数字控制器采用差分方程求解,连续部分采用离散相似法进行仿真。

将数字控制器 $D(Z)$ 写成差分方程的形式, 将连续部分用具有标准形式 $\frac{C_i + D_i s}{A_i + B_i s}$ 的典型环节组成的结构框图表示, 如图 10 所示, 采用这种方法仿真, 修改系统参数比较方便. 仿真程序

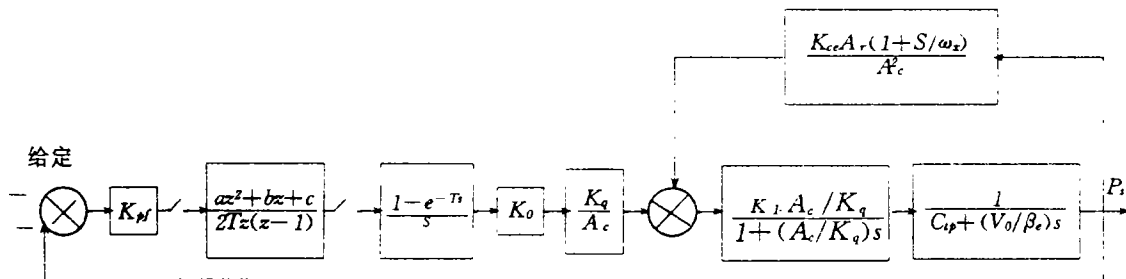


图10

框图如图 11 所示.

3.4 仿真结果分析

以图 10 所示传递函数框图作为仿真模型, 以给定压力信号作为阶跃输入, 油缸压力作为输出, 对系统仿真结果如图 12 所示, 从中可以看出系统参数变化对系统动态响应的影响.

通过仿真可以看出以下几点:

- (1) 微机控制 8500KN 压力控制系统是稳定的, 且满足前述性能指标要求.
- (2) 系统压力上升时间与油液的体积弹性模量成反比, 与油液体积成正比, 体积弹性模量越大, 上升时间越短; 油液体积大, 上升时间越长, 故应设法提高油液的体积弹性模量 β_e 值, 如充分排出油液中的气泡等. 同时应尽量减小油液的体积.
- (3) 通过调节数字 PID 参数 K_p , K_d , K_i 对系统加以校正, 可以减少压力上升时间, 改善系统的动态性能.

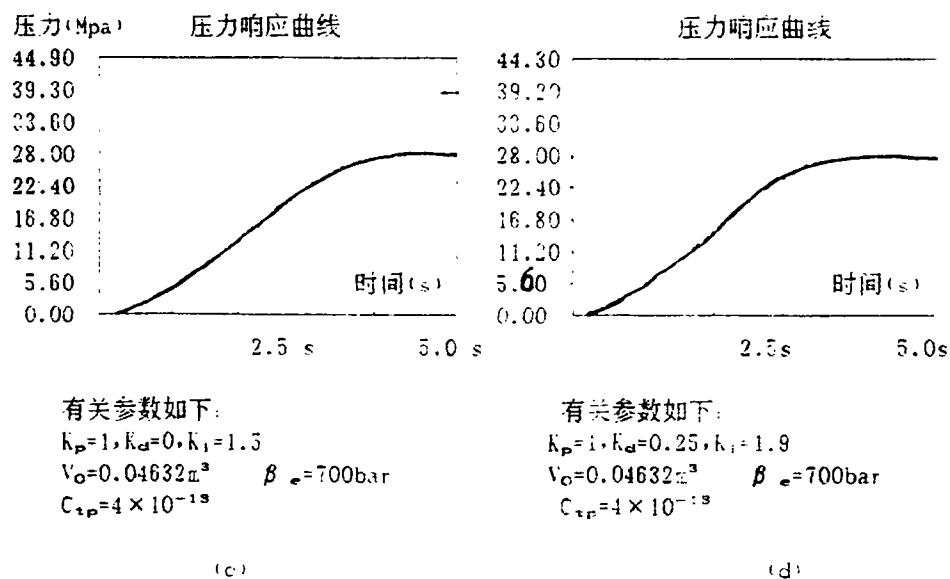
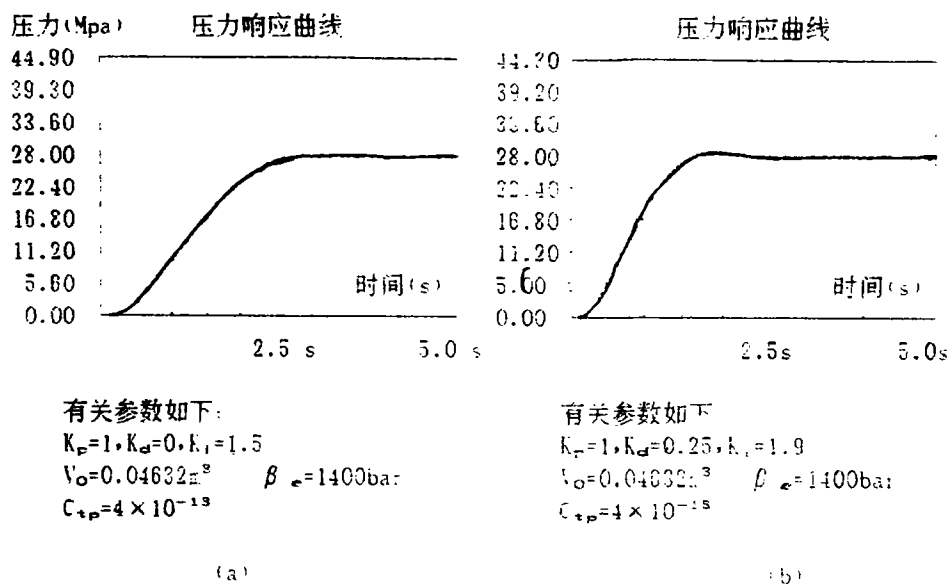


图 12

参 考 文 献

- [1] 王益民. 2000KN 微机控制液压机. 锻压机械, 1988, 23 (3): 3~5
- [2] 揭有雄. CY14—1 改型电液比例变量轴向柱塞泵的研制与试验研究. 机床与液压, 1990, 5: 19~25
- [3] H·E 梅里特. 液压控制系统. 北京: 科技出版社, 1976. 165~178
- [4] 王春行. 液压伺服控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1982. 15~88
- [5] 路甬祥. 电液比例控制技术. 北京: 机械工业出版社, 1988. 290~295
- [6] 周连山. 控制系统计算机仿真. 北京: 国防工业出版社.
- [7] 涂健. 控制系统的数字仿真与计算机辅助设计. 武汉: 华中工学院出版社, 1985. 109~172
- [8] R. W. Atkinson. Electrohydraulic Pump Controls: a technology enhancer. HYDRAULICS& PNEUMATICS, 1985, 6: 61~66

Establishing of the Mathematic Model of a Microcomputer—Controlled 8500KN Hydraulic Embossing and Ironing Press

Zhou Xinjian

ABSTRACT

In this paper, a new kind of 8500KN hydraulic embossing and ironing Press is introduced. Its working procedure and hydraulic system are described. The mathematic model of its pressure control system is established and analyzed by means of computer digital simulation.

Key words: Hydraulic Ironing Press; Mathematic model; Computer simulation