

# 微型计算机在压机设计中的应用

秦 少 芳

(中国林科院木材工业研究所)

## 摘 要

压机是人造板设备中的一台主机。其主要力学设计有框架的刚度、强度计算;框板合理的纵向排列;上下垫板所受弯矩、压应力、拉应力计算;油缸布置位置对上垫板刚度的影响。

上述计算所涉及的因素诸多,步骤烦琐,容易出错,在几十个基本参数中,任何一个参数发生变化都会引起最后结果的改变。要在几个甚至十几个方案中选择一个最佳方案比较困难,只有利用计算机才能又快又准确地选定方案。

## A Study on Three Kinds of Fire Retardants Impregnating Solutions Based on Ammonium Polyphosphate (APP) Used for Wood

### Part I Fire Retardancy of APP Treated Wood

Liu Yanji et al

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

## Abstract

Oxygen Index, Smoke Density and Char Length of APP treated *Pinus massoniana* were measured before and after aging. The relation between impregnating level of fire retardant and non-combustion areas was described in this paper. Fire retardancy of APP treated wood meets Class I according to JIS D 1201-77 and JIS A 1322-75. Fire test of formulated small wood house was compared with untreated small wood house. The result showed that APP treated wood can be used for interior room.

压机是人造板设备中的一台主机。其主要力学设计有框板的刚度、强度计算；框板合理的纵向排列；上下垫板所受弯矩、压应力、拉应力计算；油缸布置位置对上垫板刚度的影响。

以上这些计算所涉及的因素诸多，步骤烦琐，容易出错。在几十个基本参数中，任何一个参数发生变化都会引起最后结果的改变。手算一遍约需一个星期左右的时间。要想在几个甚至十几个方案中选择一个最佳方案是比较困难的。

如框板尺寸的设计，基本参数有十个，通过几十个计算步骤才能算出主要部位的应力和变形。但往往由于结构上的需要以及出于材料规格的限制、成本方面的考虑，需要对多个方案进行比较。如何能又快又准确地选定方案，只有利用先进的计算工具——计算机才能解决。

下面谈一谈在设计实践中摸索出的计算程序及设计的有关建议。

## 一、框板的刚度、强度计算

### 1. 数学模式：

框式机架是一个三次静不定框架。把压机平面框板（图1）看作由两根长为L和两根长为B的四根杆件组成，并将框板四角的节点看作刚性节点，其四角保持直角，根据上述分析，框板的计算公式有：

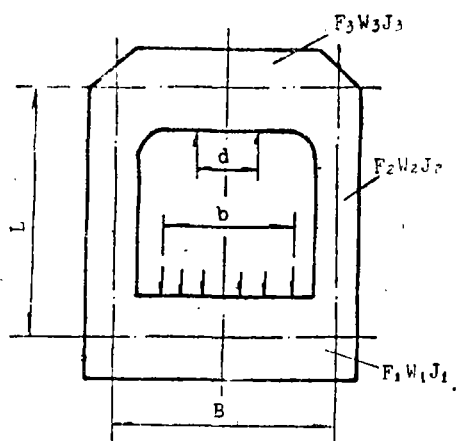


图1 压机框板正视图

下横梁拐角处弯曲力矩：

$$M_1 = \frac{PB}{8} \times \frac{R_2 (2K + 3j_{21}) - R_1 K j_{31}}{3j_{21} + 2K (1 + j_{31}) + K^2 j_{32}},$$

上横梁拐角处弯曲力矩：

$$M_2 = \frac{PB}{8} \times \frac{R_1 (2K j_{31} + 3j_{21}) - R_2 K}{3j_{21} + 2K (1 + j_{31}) + K^2 j_{32}},$$

侧壁最大合应力：

$$N = \frac{P}{2F_2} + \frac{M_2}{W_2} \leq [\sigma]$$

下横梁最大弯矩：

$$M_3 = \frac{PB}{4} \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) - M_1$$

上横梁最大弯矩：

$$M_4 = \frac{PB}{4} (1 - \delta) - M_3$$

上横梁最大应力：

$$T_2 = M_4 / W_3$$

下横梁最大应力：

$$T_1 = M_3 / W_1$$

下横梁中点最大挠度：

$$F_1 = \frac{PB^3 \left(1 - \frac{1}{2} \beta^2 + \frac{1}{8} \beta^3\right)}{48EJ_1} - \frac{M_1 B^2}{8EJ_3}$$

上横梁中点最大挠度：

$$F_2 = - \frac{PB^3}{48Ej_3} \left(1 - \frac{3}{2} \delta^2 - \frac{3}{2} \gamma^2 + \frac{3}{2} \gamma^2 \delta + \frac{\delta^3}{2}\right) + \frac{M_1 B^2}{8Ej_3}$$

侧壁L/2处最大水平变形：

$$F = \frac{L^2}{8EJ_2} (M_1 + M_2)$$

图中  $f_1, W_1, J_1, f_2, W_2, J_2, f_3, W_3, J_3$ ——分别表示下横梁、侧壁、上横梁的断面面积，截面模数和惯性矩。

式中： $K = L/B$ ,  $R_1 = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{b}{B}\right)^2$ 。

$$R_2 = 1 - \left(\frac{d}{B}\right)^2, \beta = b/B,$$

$$\delta = d/B$$

## 2. 程序流程图

输入变量:

BO——热压板宽度 (cm)

B——框板宽度 (cm)

AO——每组油缸距离 (cm)

L——框板高 (cm)

D——框板厚 (cm)

H<sub>1</sub>, H<sub>3</sub>——上、下横梁高 (cm)

S——侧壁宽 (cm)

P——每片框板受力 (N)

E——材料弹性模数 (MPa)

输出变量:

N——侧壁最大合应力 (MPa)

T<sub>1</sub>——下横梁最大应力 (MPa)

T<sub>2</sub>——上横梁最大应力 (MPa)

F<sub>1</sub>——下横梁中点最大挠度 (cm)

F<sub>2</sub>——上横梁中点最大挠度 (cm)

F——侧壁 L/2 处水平变形 (cm)

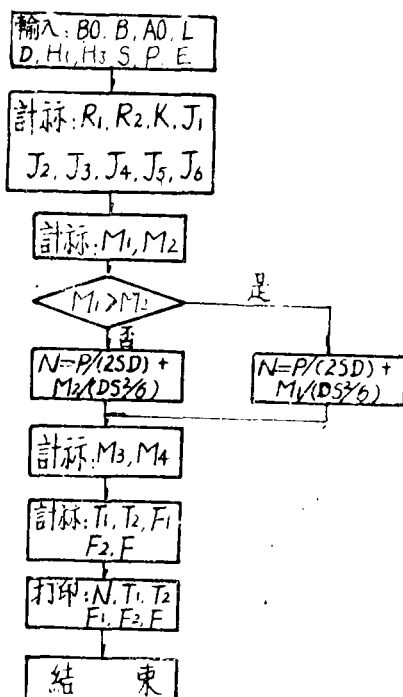


图2 压机框板的刚度、强度计算程序流程

## 3. 对合理设计框板的建议。

框板各部份受力情况与框板尺寸有着错综复杂的关系, 很难从某一计算公式中看出某个尺寸的改变所带来的影响。在决定方案前都要通过大量的计算。

以BO = 132, B = 232, AO = 76.6,

L = 313, D = 6, H<sub>1</sub> = H<sub>3</sub> = 100, S = 30,

P = 170000, E = 2.1 × 10<sup>6</sup> 为基本参数,

附表中共列出44个方案的计算结果。每一组方案都只改变一个尺寸, 而其他尺寸不变, 以便摸索出一些规律或趋向。

附表1, 附表2只改变上、下横梁的高度(H<sub>1</sub>, H<sub>3</sub>)。从表中看出: 上、下横梁高度增加, 能降低本身所受应力, 减少变形, 并能降低侧壁合应力和变形。横梁高度每增加50mm, 侧壁合应力以1.0~4.0N/mm<sup>2</sup> (10~40Kg/cm<sup>2</sup>) 的幅度下降。侧壁水平变形以0.005~0.009cm的幅度下降。中点挠度以0.004~0.009cm的幅度下降。但从计算结果看出, 上、下横梁的尺寸是互相制约的。当上、下横梁尺寸相差较大时, 侧壁应力反而上升。因此建议设计时尽量做到上、下横梁高度相同。

附表3是改变框板高度L的计算结果。L加大, 侧壁合应力N略有减小, 但水平变形加大。L每增加100mm, 侧壁变形以0.002~0.003cm的幅度增加。L的变化对上、下横梁的应力和挠度影响不大。

附表4中各种结果是采用了不同的框板厚度。框板厚度的增加, 对各部份的应力和变形都带来好处。但从表中看出, 当框板厚度从55mm加至60mm时其效果较为显著。因此, 笔者认为在允许的情况下, 框板厚度采用60mm较为合适。

加宽框板, 对各部位的应力和变形都不利, 但大致都是按比例增加, 没有发现突变点。

附表1

| 序号 | H <sub>3</sub> | N      | F     | T <sub>1</sub> | F <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | F <sub>2</sub> |
|----|----------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 80             | 735.66 | 0.108 | 704.19         | 0.036          | 994.91         | -0.067         |
| 2  | 85             | 679.82 | 0.097 | 701.75         | 0.036          | 888.26         | -0.057         |
| 3  | 90             | 634.74 | 0.088 | 699.78         | 0.036          | 797.31         | -0.048         |
| 4  | 95             | 598.03 | 0.081 | 698.18         | 0.036          | 719.25         | -0.041         |
| 5  | 100            | 568.21 | 0.075 | 696.86         | 0.036          | 651.84         | -0.035         |
| 6  | 105            | 580.33 | 0.070 | 695.77         | 0.036          | 593.28         | -0.031         |
| 7  | 110            | 590.45 | 0.065 | 694.86         | 0.036          | 542.12         | -0.027         |

附表2

| 号<br>序 | H <sub>1</sub> | N      | F     | T <sub>1</sub> | F <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | F <sub>2</sub> |
|--------|----------------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1      | 80             | 736.21 | 0.108 | 1065.22        | 0.068          | 659.18         | -0.036         |
| 2      | 85             | 680.30 | 0.097 | 950.55         | 0.057          | 656.74         | -0.036         |
| 3      | 90             | 635.17 | 0.088 | 852.88         | 0.048          | 654.77         | -0.036         |
| 4      | 95             | 598.41 | 0.080 | 769.13         | 0.041          | 653.16         | -0.036         |
| 5      | 100            | 568.2  | 0.075 | 696.86         | 0.036          | 651.84         | -0.035         |
| 6      | 105            | 580.0  | 0.070 | 634.11         | 0.031          | 650.75         | -0.035         |
| 7      | 110            | 590.13 | 0.065 | 579.33         | 0.027          | 649.84         | -0.035         |

附表3

| 序号 | L   | N      | F     | T <sub>1</sub> | F <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | F <sub>2</sub> |
|----|-----|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 250 | 591.8  | 0.059 | 694.7          | 0.036          | 649.7          | -0.035         |
| 2  | 260 | 587.3  | 0.062 | 695.1          | 0.036          | 650.13         | -0.035         |
| 3  | 270 | 583.15 | 0.064 | 695.5          | 0.036          | 650.5          | -0.035         |
| 4  | 280 | 579.28 | 0.066 | 695.87         | 0.036          | 650.84         | -0.035         |
| 5  | 290 | 575.66 | 0.069 | 696.19         | 0.036          | 651.17         | -0.035         |
| 6  | 300 | 572.29 | 0.071 | 696.49         | 0.036          | 651.47         | -0.035         |
| 7  | 310 | 569.12 | 0.074 | 696.78         | 0.036          | 651.76         | -0.035         |
| 8  | 320 | 566.15 | 0.076 | 697.05         | 0.036          | 652.03         | -0.035         |
| 9  | 330 | 563.36 | 0.079 | 697.30         | 0.036          | 652.28         | -0.035         |
| 10 | 340 | 560.73 | 0.081 | 697.53         | 0.036          | 652.51         | -0.035         |

附表4

| 序号 | D   | N      | F     | T <sub>1</sub> | F <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | F <sub>2</sub> |
|----|-----|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 4   | 852.32 | 0.112 | 1045.29        | 0.054          | 977.76         | -0.053         |
| 2  | 4.5 | 757.62 | 0.099 | 929.15         | 0.048          | 869.12         | -0.047         |
| 3  | 5   | 681.85 | 0.089 | 836.23         | 0.043          | 782.21         | -0.043         |
| 4  | 5.5 | 681.85 | 0.089 | 836.23         | 0.043          | 782.21         | -0.043         |
| 5  | 6   | 568.2  | 0.075 | 696.86         | 0.036          | 651.84         | -0.035         |
| 6  | 6.5 | 524.50 | 0.069 | 643.26         | 0.033          | 601.70         | -0.033         |
| 7  | 7   | 487.04 | 0.064 | 597.31         | 0.031          | 558.72         | -0.030         |
| 8  | 7.5 | 454.57 | 0.060 | 557.49         | 0.029          | 521.47         | -0.028         |
| 9  | 8   | 426.16 | 0.056 | 522.65         | 0.027          | 488.88         | -0.027         |
| 10 | 8.5 | 401.09 | 0.053 | 491.90         | 0.025          | 460.12         | -0.025         |

附表5

| 序号 | B   | N      | F     | T <sub>1</sub> | F <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | F <sub>2</sub> |
|----|-----|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 160 | 512.10 | 0.031 | 395.91         | 0.010          | 350.89         | -0.010         |
| 2  | 170 | 518.69 | 0.036 | 437.82         | 0.012          | 392.80         | -0.012         |
| 3  | 180 | 525.67 | 0.041 | 479.69         | 0.015          | 434.67         | -0.015         |
| 4  | 190 | 533.04 | 0.047 | 521.53         | 0.018          | 476.51         | -0.018         |
| 5  | 200 | 540.80 | 0.053 | 563.33         | 0.022          | 518.31         | -0.022         |
| 6  | 210 | 548.94 | 0.060 | 605.10         | 0.026          | 560.08         | -0.025         |
| 7  | 220 | 557.47 | 0.066 | 646.83         | 0.030          | 601.81         | -0.030         |
| 8  | 230 | 566.38 | 0.073 | 688.53         | 0.035          | 643.51         | -0.034         |
| 9  | 240 | 575.68 | 0.080 | 730.19         | 0.040          | 685.17         | -0.040         |
| 10 | 250 | 585.36 | 0.088 | 771.82         | 0.046          | 726.80         | -0.045         |

二、框板纵向排列设计

框板尺寸确定后，就应考虑框板应如何合理排列才能使下垫板各支承点所承受的弯矩和支反力尽量均匀，材料能得到充分利用。

以六片框板为例，每片框板作为一个支点，把下垫板看作为简支梁。一端支点为销

轴支承，梁可作自由转动。另一端支点为辊轴支承，梁不但可以自由转动，还可以在热胀冷缩时作水平方向移动。

1. 数学模式

为了求出各支点处的弯矩及支反力，第一步必须列出三个弯矩方程。这六片框板是对称布置，所以  $MA = MF$ ,  $MB = ME$ ,  $MC = MD$ 。因此只需列出三个方程。

$$M_A = -\frac{L_1^2}{2}q,$$

$$L_2M_A + 2(L_2 + L_3)M_B + L_3M_C$$

$$= -\frac{q}{4}(L_2^3 + L_3^3),$$

$$L_3M_B + (2L_3 + 3L_4)M_C$$

$$= -\frac{q}{4}(L_3^3 + L_4^3).$$

解联立方程组，即可求出 $M_A$ 、 $M_B$ 、 $M_C$ 。

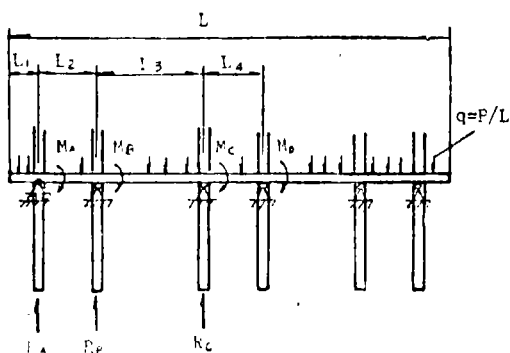


图3. 板纵向受力情况

第二步是根据上面求出的各点弯矩来求各点的支反力。

$$R_A = L_1 * P/L + (M_A - M_B +$$

$$+ \frac{1}{2} L_2^3 * P/L) / L_2,$$

$$R_B = (M_B - M_A + \frac{1}{2} L_2^3 * P/L) / L_2 +$$

$$+ (M_B - M_C + \frac{1}{2} L_3^3 * P/L) / L_3,$$

$$R_C = (M_C - M_B + \frac{1}{2} L_3^3 * P/L) / L_3 +$$

$$+ \frac{1}{2} L_4^3 * P/L.$$

## 2. 程序流程图。

需解的联立方程应改为：

$$2(L_2 + L_3)M_B + L_3M_C + L_2M_A$$

$$= -\frac{q}{4}(L_2^3 + L_3^3),$$

$$L_3M_B + (2L_3 + 3L_4)M_C$$

$$= -\frac{q}{4}(L_3^3 + L_4^3),$$

$$M_A = -\frac{L_1^2}{2}q.$$

输入变量：

$L_1, L_2, L_3, L_4, L$ ——如图二所示。

$P$ ——压机总压力，

$A(1,1) \dots A(3,4)$ ——联立方程各行、各列系数。

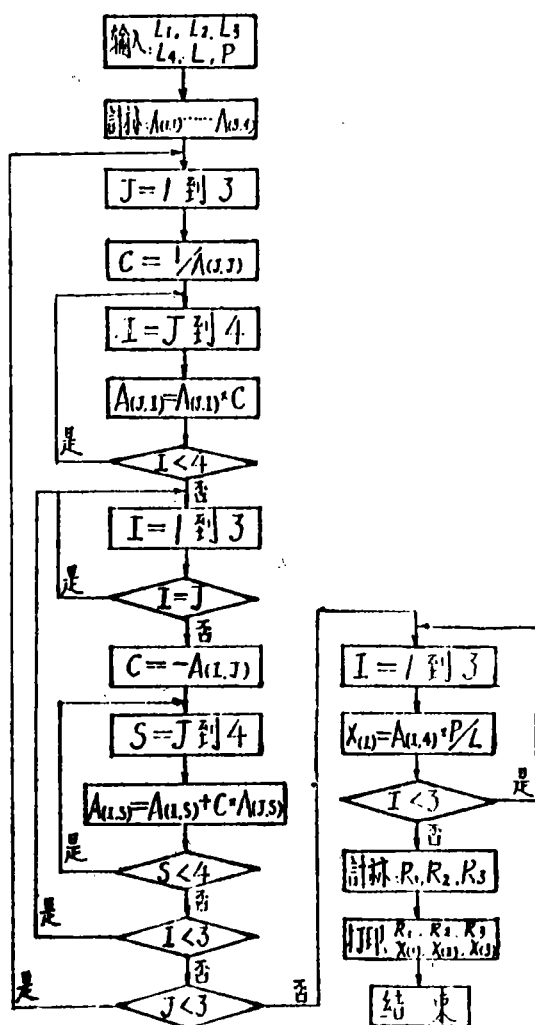


图4 下垫板支点弯矩，支反力计算程序流程。

输出变量:

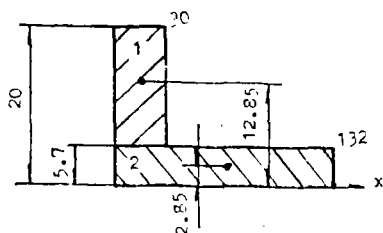
$X(1), X(2), X(3)$  —— 分别为  $M_B, M_C, M_A,$   
 $R_1, R_2, R_3,$  —— 分别为  $R_A, R_B, R_C.$

### 三、上、下垫板压应力、拉应力计算

#### 1. 数学模式

上、下垫板一般为焊接结构。当垫板的弯矩图绘出后,就需对垫板的几个危险断面进行强度计算。其计算步骤如下:

1) 画出所选危险断面的等量简化截面图,并找出各矩形截面的重心至x轴的距离、截面宽度、截面高度。图五所示为一个最简单的等量简化截面图。



图五、等量简化截面

2) 按表中列出各项进行计算:

以图五为例,整个简化截面由两个矩形组成见表1。

3) 分别计算出:

简化截面重心至x轴距离

$$h_1 = \frac{\sum S_i}{\sum F_i},$$

$$h_2 = H - h_1.$$

截面对x轴的惯性矩

$$J_x = \sum J_{O_i} + \sum S_i Y_i.$$

截面对形心轴的惯性矩

$$J = J_x - h_1^2 \sum F_i.$$

4) 求出所选截面的压应力和拉应力

$$\sigma_{压} = \frac{M h_1}{J},$$

$$\sigma_{拉} = \frac{M h_2}{J}.$$

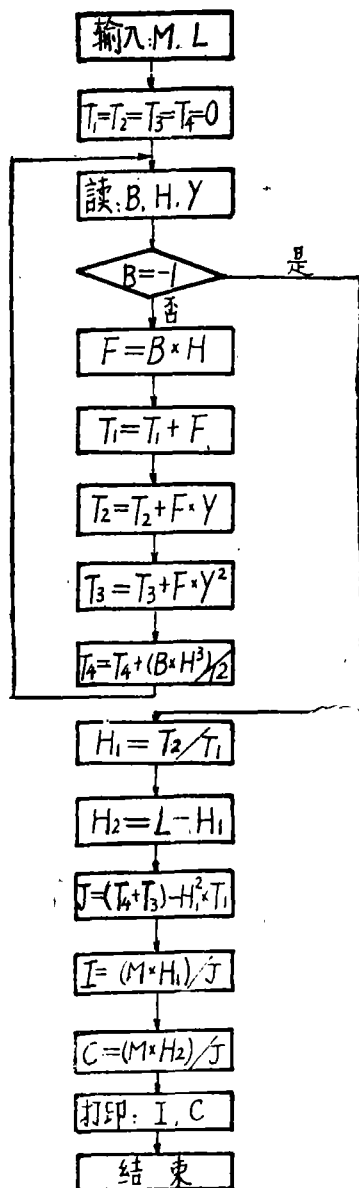


图6.等量简化截面应力计算程序流程

M——该截面所受弯矩。

#### 2. 程序流程图 (图6)

输入变量:

M——截面所受弯矩 (N·m),

L——截面总高 (cm),

B——各矩形宽 (cm),

H——各矩形高 (cm),

表1 简化截面惯性矩计算表

| 序号 | 截面宽度<br>$b_i$ (cm) | 截面高度<br>$h_i$ (cm) | 截面积<br>$F_i$<br>( $\text{cm}^2$ ) | 面积重心至x轴<br>距离 $Y_i$<br>(cm) | 截面对x轴<br>静面矩 $S_i = F_i Y_i$<br>( $\text{cm}^3$ ) | 静面矩 $S_i$ 与面积<br>重心至x轴距离乘<br>积 $S_i Y_i$ ( $\text{cm}^4$ ) | 各截面积的惯性矩<br>$J_{oi} = 1/12 b_i h_i^3$<br>( $\text{cm}^4$ ) |
|----|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  | 30                 | 14.3               | 429                               | 12.85                       | 5512.65                                           | 70837.5525                                                 | 7310.5175                                                  |
| 2  | 132                | 5.7                | 752.4                             | 2.85                        | 2144.34                                           | 611.369                                                    | 2037.123                                                   |
| 总计 |                    | 20                 | 1181.4                            |                             | 7656.99                                           | 76948.9215                                                 | 9347.66405                                                 |
|    |                    | H                  | $\Sigma F_i$                      |                             | $\Sigma S_i$                                      | $\Sigma S_i Y_i$                                           | $\Sigma J_{oi}$                                            |

Y——各矩形重心至x轴距离(cm)。  
输出变量:

I——压应力 (MPa) ,  
C——拉应力 (MPa) 。

## The Application of Microcomputer in Designing Press

Qin Shaofang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

### Abstract

Press is one of the main machines in wood-based panel production. Its mechanical design mainly includes calculation of the rigidity and strength of frame, reasonable arrangement of frame in longitudinal direction, calculation of bending moment, tension and compression stresses exerted on upper and lower platens, relation between location of cylinders and rigidity of the upper platen. These calculations involve so many factors, each of which can effect the final result. So we should treat the data by computer so that the best design could be found quickly with no error.