

《现代设计方法》课程三级项目实例

冶金机械系，机械装备与自动化专业方向

液压泵弹簧的优化设计：

问题描述：设计一圆柱螺旋压缩弹簧，使其质量最小。弹簧的材料为50CrVA，最大工作载荷为 $F_{\max} = 300N$ ，最小工作载荷为 $F_{\min} = 50N$ ，工作行程为 $L = 70mm$ ，工作频率为 $f = 10Hz$ ，许用切应力 $[\tau] = 590MPa$ ；
结构要求：弹簧丝直径 $3mm \leq d \leq 8mm$ ，外径 $30mm \leq D_2 \leq 60mm$ ，工作圈数 $n \geq 5$ ，支撑圈数 $n_2 = 2.5$ ，弹簧指数 $c \geq 5$ ；另外，弹簧还要满足： $H_0 - \lambda_0 = 1.4L + \frac{F_{\min}}{k}$ ，其中， H_0 是弹簧的自由高度， λ_0 是压并高度， k 是弹性系数。

优化参数：优化弹簧丝直径、弹簧直径和弹簧工作圈数。

1.1建立的数学模型：

$$\min f(x) = 60.4207X_2^2 (X_1 + 2.5) [9.8696X_3^2 + (X_2 + 9.8X_1^1 + 0.0046X_3^3 X_2^{-4})^2]$$

$$s.t. \quad g_1(X) = 122.3010X_2^{2.86} X_3^{0.86} - 590 \leq 0$$

$$g_2(X) = 300 - 7.5775X_1^{-1} X_2^4 X_3^{0.86} \leq 0$$

$$g_3(X) = 5 - X_2^{-1} X_3 \leq 0$$

$$g_4(X) = (X_1 + 2) + 98 + 0.0046X_2^{-4} X_3^3 X_1 - 300 \leq 0$$

$$g_5(X) = 100 - 3.56 \times 10^4 X_1^{-1} X_2 X_3^2 \leq 0$$

$$g_6(X) = 2 - X_2 \leq 0$$

$$g_7(X) = X_2 - 8 \leq 0$$

$$g_8(X) = 30 - X_2 - X_3 \leq 0$$

$$g_9(X) = X_2 + X_3 - 60 \leq 0$$

$$g_{10}(X) = 5 - X_1 \leq 0$$

$$g_{11}(X) = -\frac{2}{3}X_2 + \frac{1}{3}X_3 - 98X_1^{-1} - 0.0046X_2^{-4} X_3^3 \leq 0$$

$$g_{12}(X) = 0.5X_2 - 0.5X_3 + 98X_1^{-1} + 0.0046X_2^{-4} X_3^3 \leq 0$$

1.2 编写的MATLAB优化程序：

```

1 function [c, cep] = mycon(x)
2 c(1)=1222.301*x(2)^(0-2.86)*x(3)^0.86-590;
3 c(2)=300-757750*x(1)^(-0-1)*x(2)^4*x(3)^0.86;
4 c(3)=5-x(2)^(-1)*x(3);
5 c(4)=(x(1)+2)*x(2)+98+0.0046*x(2)^(-4)*x(3)^3*x(1)-5.3*x(3);
6 c(5)=100-356000*x(1)^(-1)*x(2)*x(3)^2;
7 c(6)=1/3*x(3)-2/3*x(2)-98*x(1)^(-1)-0.0046*x(2)^(-4)*x(3)^3;
8 c(7)=0.5*x(2)-0.5*x(3)+98*x(1)^(-1)+0.0046*x(2)^(-4)*x(3)^3;
9 cep=[];

1 - fun = ' 0.001*60.4207*x(2)^2*(x(1)+2.5)*(9.8696*x(3)^2+(x(2)+98*x(1)^(-1)+0.0046*x(2)^(-4)*x(3)^3)^2)*0.5';
2 - x0 = [10;3;40];
3 - A=[0 -1 0
4     0 1 0
5     0 -1 -1
6     0 1 1
7     -1 0 0];
8 - b=[-2;8;-30;60;-5];
9 - Aeq=[];
10 - beq=[];
11 - lb=[];
12 - ub=[];
13 - [x,fval,exitflag,output,lambda,grad,hessian]=fmincon(fun,x0,A,b,Aeq,beq,lb,ub,@mycon)
    
```

液压泵弹簧的有限元分析：

