（1） 计算T2统计量控制限和SPE统计量控制限；

$$T^2{}_{\mathrm{UCL}} = \frac{k(n-1)}{n-k} \cdot F_{\mathrm{a}}(k, n-k)$$

$$或T^2{}_{\mathrm{UCL}} = \frac{k(n-1)(n+1)}{n(n-k)} \cdot F_{\mathrm{a}}(k, n-k)$$

检验水平为 a 的 SPE 统计量控制上限为：

$$Q_{UCL} = \theta_1[1 + \frac{h_0 C_{\mathrm{a}} \sqrt{2\theta_2}}{\theta_1} + \frac{\theta_2 h_0(h_0-1)}{\theta_1{}^2}]^{1/h_0}$$

$$\theta_1 = \sum_{i=k+1}^{m} \lambda_i,\ \theta_2 = \sum_{i=k+1}^{m} \lambda_i{}^2,\ \theta_3 = \sum_{i=k+1}^{m} \lambda_i{}^3,\ h_0 = \frac{1-2\theta_2\theta_3}{3\theta_2{}^2},$$

C_{a} 是与（1- a ）分位点对应的标准差

（2）计算测试样本的T2统计量和SPE统计量

$$T_{(\mathrm{i})}{}^2 = t_{(i)} \Lambda_k{}^{-1} t_{(i)}{}^T = \mathrm{X}_{(i)_s} p_k \Lambda_k{}^{-1} p_k{}^T \mathrm{X}_{(i)_s}{}^T$$

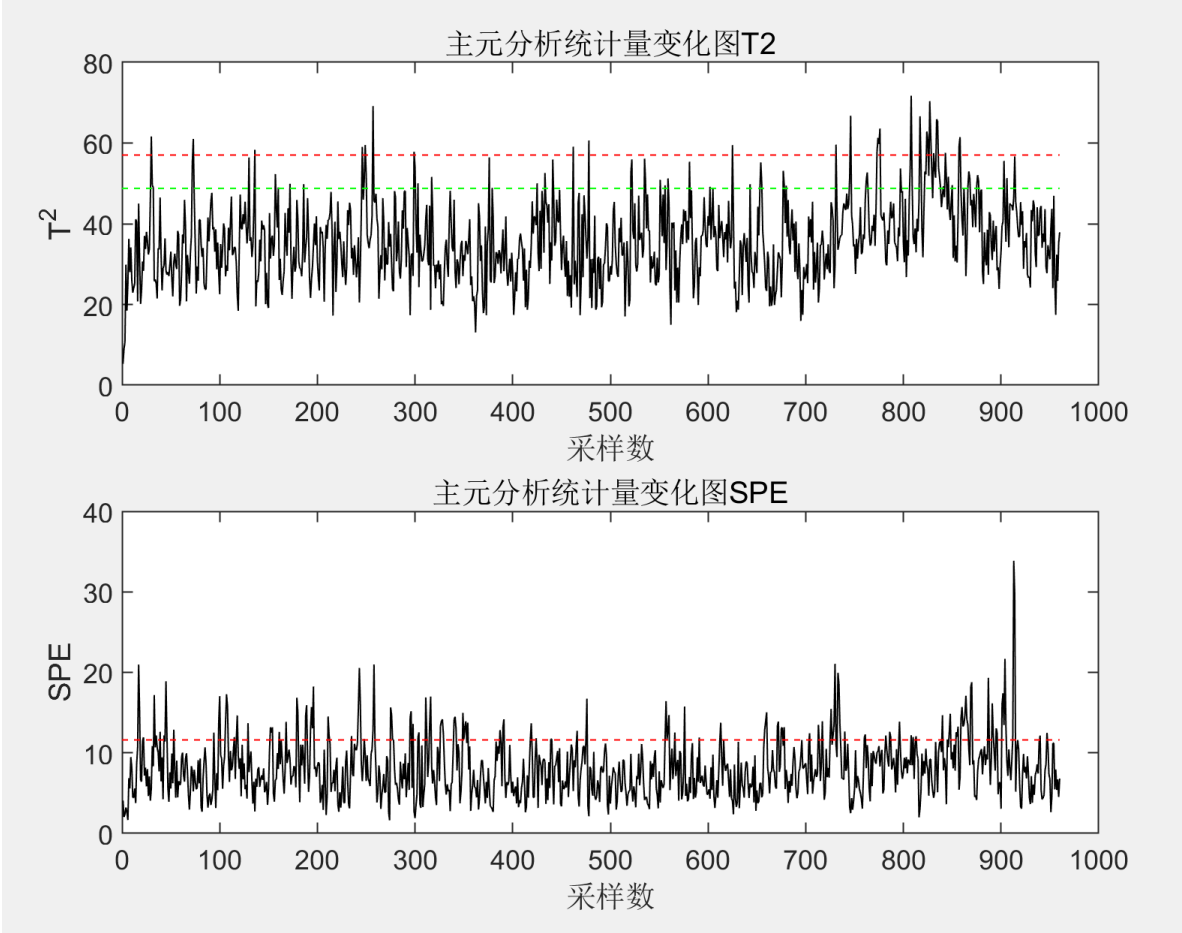
$$Q_{(i)} = \mathrm{X}_{(i)_s}(I - p_k p_k{}^T)\mathrm{X}_{(i)_s}{}^T$$

```
data=load('TE_data.mat');
%数据读取
data = struct2cell(data);
testdata =  data(1:22);
train = cell2mat(data(23));
train = train';
train_mean = mean(train);  %按列 Xtrain 平均值
train_std = std(train);    %求标准差
[train_row,train_col] = size(train); %求 train 行、列数

train=(train-repmat(train_mean,train_row,1))./repmat(train_std,train_row,1);
%归一化
%求协方差矩阵
sigmatrain = cov(train);
%对协方差矩阵进行特征分解，lamda 为特征值构成的对角阵，T的列为单位特征向量，且与 lamda 中的特征值一一对应：
[T,lamda] = eig(sigmatrain);
disp('特征根（由小到大）');
```

```
disp(lamda);
disp('特征向量：');
disp(T);
%取对角元素(结果为一列向量)，即 lamda 值，并上下反转使其从大到小排列，主元个数初值为 1，若累计
贡献率小于 90
%则增加主元个数
D = flipud(diag(lamda));
num_pc = 1;
while sum(D(1:num_pc))/sum(D) < 0.9
num_pc = num_pc +1;
end
%取与 lamda 相对应的特征向量
P = T(:,train_col-num_pc+1:train_col);
%每一列代表一个特征向量
%求置信度为 99%、95%时的 T2 统计控制限
T2UCL1=num_pc*(train_row-1)*(train_row+1)*finv(0.99,num_pc,train_row -
num_pc)/(train_row*(train_row - num_pc));
T2UCL2=num_pc*(train_row-1)*(train_row+1)*finv(0.95,num_pc,train_row -
num_pc)/(train_row*(train_row - num_pc));
%开始计算SPE统计量
for i = 1:3
    theta(i) = sum((D(num_pc+1:train_col)).^i);
end
h0 = 1 - 2*theta(1)*theta(3)/(3*theta(2)^2);
ca = norminv(0.99,0,1);
SPE = theta(1)*(h0*ca*sqrt(2*theta(2))/theta(1) + 1 + theta(2)*h0*(h0 -
1)/theta(1)^2)^(1/h0);
%计算出了SPE统计量的界限
for k = 1:22
    %22组测试数据
    test = cell2mat(testdata(k));
    %开始在线检测
    n = size(test,1);
    test=(test-repmat(train_mean,n,1))./repmat(train_std,n,1);
    %测试样本归一化
    [r,y] = size(P*P');
    I = eye(r,y); %单位矩阵
    T2_test = zeros(n,1);
    SPE_test = zeros(n,1);
    for i = 1:n
        T2_test(i)=test(i,:)*P*inv(lamda(52-num_pc+1:52,52-
num_pc+1:52))*P'*test(i,:)';
        SPE_test(i) = test(i,:)*(I - P*P')*test(i,:)';

    end
    %绘图
    figure (k);
    subplot(2,1,1);
    plot(1:n,T2_test,'k');
    title('主元分析统计量变化图T2');
    xlabel('采样数');
    ylabel('T^2');
    hold on;
    line([0,n],[T2UCL1,T2UCL1],'LineStyle','--','Color','r');%画出标志线
    line([0,n],[T2UCL2,T2UCL2],'LineStyle','--','Color','g');
    subplot(2,1,2);
    plot(1:n,SPE_test,'k');
    title('主元分析统计量变化图SPE')
```

```
    xlabel('采样数');
    ylabel('SPE');
    hold on;
    line([0,n],[SPE,SPE],'LineStyle','--','Color','r');
end
```

仿真结果图：



这是测试te_00的仿真结果。

上述代码运行会输出所有数据的仿真结果，（这里粘贴了te_00为例子）