

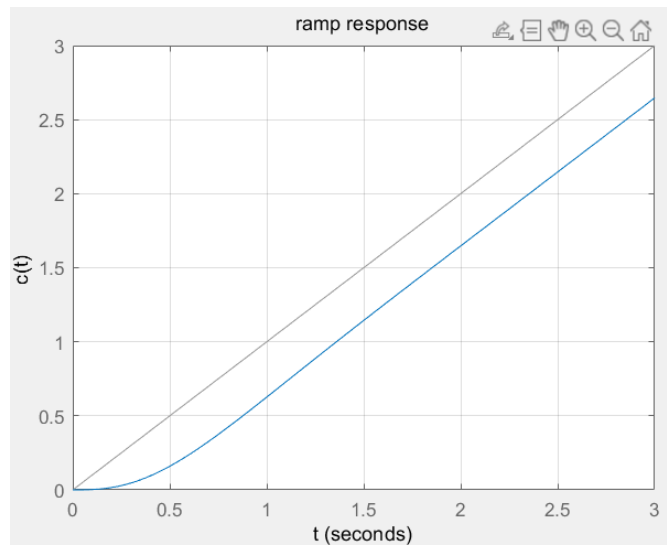
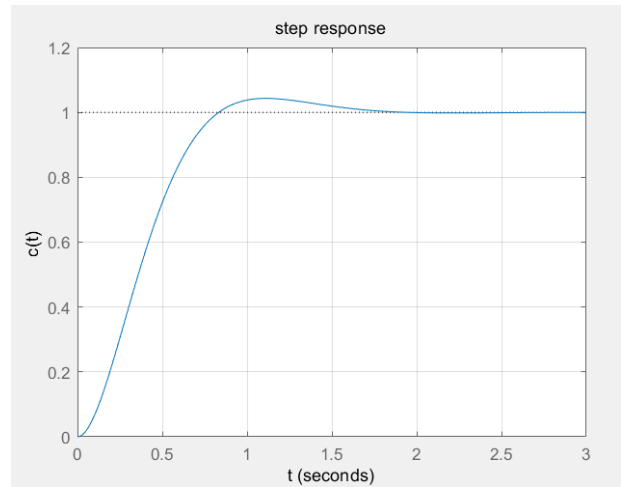
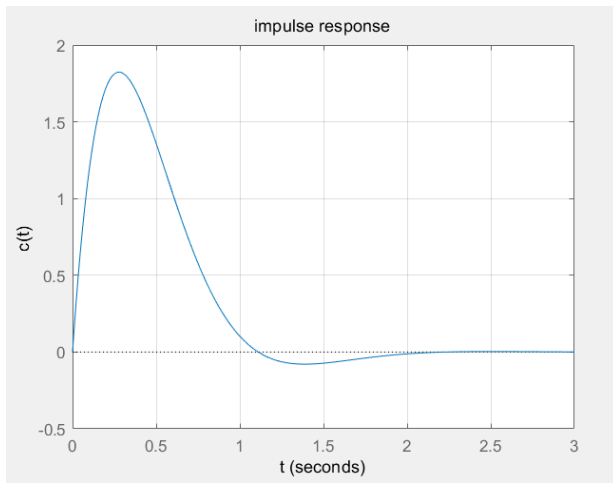
控制系统的 Matlab 仿真实验报告

(1) 已知系统闭环传递函数为

$$\Phi(s) = \frac{16}{s^2 + 8\zeta s + 16}$$

其中， $\zeta = 0.707$ ，试：

- 1) 绘制二阶系统的单位脉冲响应、的单位跃响应的和单位斜坡响应曲线如下图：



仿真算法如下图：

```

%智能1801陈智深 180407109
%version : matlab R2020a
zeta = 0.707;num = [16];den = [1 ,8 * zeta ,16];
sys = tf(num ,den); %转化为传递函数
p = roots(den); %roots 求多项式的根
t = 0 :0.01 :3; %设定仿真时间

figure(1) %创建一个窗口
impz(sys ,t);grid %求取系统单位的脉冲响应
xlabel('t');ylabel('c(t)');title('impulse response');

figure(2) %创建第二个窗口
step(sys ,t);grid %求取系统单位的阶跃响应
xlabel('t');ylabel('c(t)');title('step response');

figure(3)
u = t; %定义输入斜坡信号
lsim(sys ,u ,t ,0);grid %求取系统的单位斜坡响应
xlabel('t');ylabel('c(t)');title('ramp response');

```

网格开

2) 修改网格尺寸、题目、x 坐标、y 坐标字母大小。

代码如下：（在上图中未添加）

```

xlabel('t','FontSize','20','FontAngle','italic');
ylabel('c(t)','FontSize','20','FontAngle','italic');
title('impulse response','FontSize','20','FontAngle','italic');

```

(2) 如图所示，系统(a)通过比例—微分控制器变成系统(b)、通过测速反馈变成系统(c)，试：

1) 分别进行结构图的化简，求闭环传递函数：

2) 求出各系统的单位阶跃响应：

3) 列表比较各系统的动态性能指标，包括上升时间、峰值时间、超调量及调解时间：

仿真结果截图：

sysa =

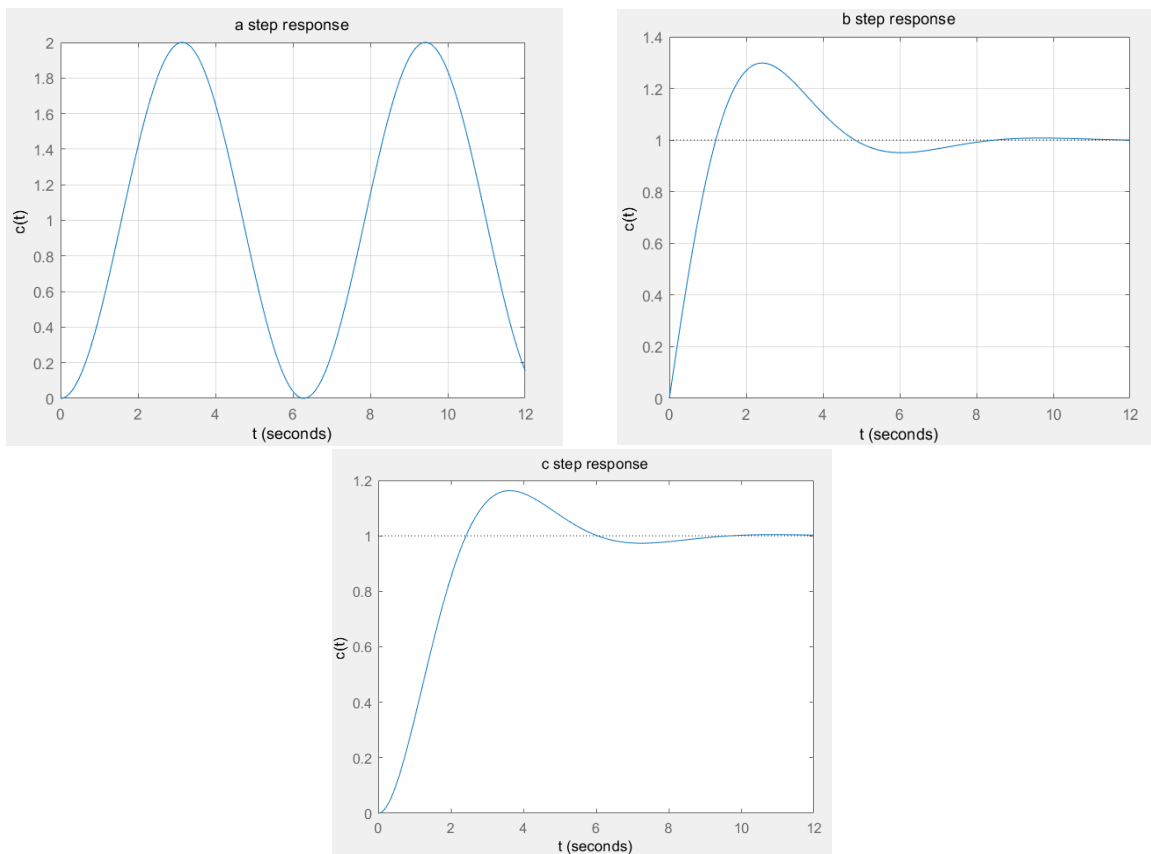
$$\frac{1}{s^2 + 1}$$

sysb =

$$\frac{s + 1}{s^2 + s + 1}$$

sysc =

$$\frac{1}{s^2 + s + 1}$$



动态性能指标列表结果截图：

notice: tr:上升时间 tp:峰值时间 ts: 调节时间 pos:超调量

	tr	tp	ts	pos
	-----	-----	-----	-----
a	0.36	3.14	11.99	1180.9
b	0.94	2.42	7.93	29.814
c	1.65	3.63	8.97	16.003

整理后列表如下：

	Tr (上升时间)	Tp (峰值时间)	Ts (调节时间) $\sigma = 1\%$	Pos (超调量)
$\frac{1}{s^2 + 1}$	0.36	3.14	11.99	1180.9%
$\frac{s + 1}{s^2 + s + 1}$	0.94	2.42	7.93	29.814%
$\frac{1}{s^2 + s + 1}$	1.65	3.63	8.97	16.003%

可得系统 a 临界稳定。

代码算法如下：

主函数：

```
t = 0 : 0.01 : 12;
%----- a -----%
%p134-3.7-a
%输出：化简函数，阶跃响应图
sysg1 = tf([1], [1 , 0 , 0]);
sysa = feedback(sysg1 , [1])

figure(1);
step(sysa , t);grid;
[a.y , a.x] = step(sysa , t);
xlabel('t');ylabel('c(t)');title('a step response');
%-----分析动态性能指标-----%
A = analysis(a.y , a.x , t);
%-----分析动态性能指标-----%
%----- a -----%
%----- b -----%
%p134-3.7-b
%输出：化简函数，阶跃响应图
b.sysg1 = tf([1 , 1] , [1]);
b.numg2 = [1]; b.deng2 = [1 , 0 , 0];
b.sysg2 = tf(b.numg2 , b.deng2);
sysb = feedback(series(b.sysg1 , b.sysg2) , [1])

figure(2);
step(sysb , t);grid;
[b.y , b.x] = step(sysb , t);
%-----分析动态性能指标-----%
B = analysis(b.y , b.x , t);
%-----分析动态性能指标-----%

xlabel('t');ylabel('c(t)');title('b step response');
%----- b -----%
```

```

%----- c -----
%p134-3.7-c
%输出：化简函数，阶跃响应图
c.sysg1 = tf([1] , [1 , 0 , 0]);
c.sysg2 = tf([1 , 0] , [1]);
c.sysg3 = [1];
sysc = feedback(c.sysg1 , parallel(c.sysg2 , c.sysg3))

figure(3);
step(sysc , t);grid;
[c.y , c.x] = step(sysc , t);
%-----分析动态性能指标-----
C = analysis(c.y , c.x , t);
%-----分析动态性能指标-----

xlabel('t');ylabel('c(t)');title('c step response');
grid;
%----- c -----
%----- 列表 -----
%输入：计算之后a, b, c结构体
%输出表格
disp('notice: tr:上升时间 tp:峰值时间 ts: 调节时间 pos:超调量');
name = {'a' ; 'b' ; 'c'};
tr = [A(1) ;B(1) ;C(1)];
tp = [A(2) ;B(2) ;C(2)];
ts = [A(3) ;B(3) ;C(3)];
pos = [A(4) ;B(4) ;C(4)];
table(tr , tp , ts , pos , 'RowNames', name)
%----- 列表 -----

```

动态分析函数算法 (analysis):

```

function index_date = analysis(y , x , t)
%计算动态性能的指标 此处显示有关此函数的摘要
% tr 上升时间 10%-90%
% tp 峰值时间 到峰值时间
% pos 超调量 超出量的占比
% ts 调节时间 上下浮动1%的时间
maxy = max(y); %响应的最大偏移量
yss = y(length(t)); %响应的终值

pos = 100*(maxy - yss)/yss; %求超调量

%-----峰值时间tp-----
for i = 1:length(t)
    if y(i) == maxy
        n = i;end
end
tp = (n - 1)*0.01; %峰值时间
%-----峰值时间tp-----

```

```

%-----上下限-----%
y1 = 1.01 * yss;
y2 = 0.99 * yss;

y3 = 0.1 * yss;
y4 = 0.9 * yss;
%-----上下限-----%

%-----调节时间ts-----%
i = length(t);
] while i > 0
    i = i - 1;
    if y(i) >= y1 || y(i) <= y2; m = i; break;
end
- end
ts = (m-1)*0.01; %调节时间
%-----调节时间ts-----%
%-----上升时间tr-----%
i = 0; m = 0;
] while true
    i = i + 1;
    if y(i) > y3 && y(i) < y4; m = m + 1; end
    if y(i) > y4; break; end
- end
tr = m * 0.01; %上升时间
%-----上升时间tr-----%

index_date = [tr , tp , ts , pos];
- end

```

(3) 设三阶系统闭环传递函数（多项式形式）为：

$$\Phi(s) = \frac{5(s^2 + 5s + 6)}{s^3 + 6s^2 + 10s + 8}$$

1) 将系统传递函数改为零极点形式；

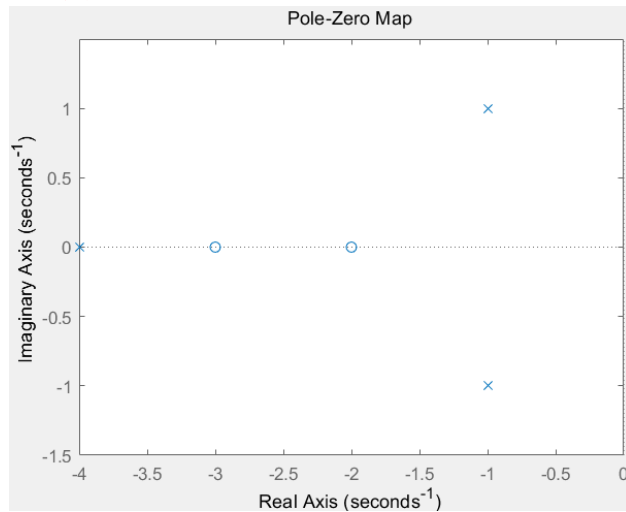
结果如下：

sys =

$$\frac{5(s+3)(s+2)}{(s+4)(s^2 + 2s + 2)}$$

2) 利用命令 pzmap 在 S 平面绘制零极点分布图；

结果如下：



3) 求其单位阶跃响应；

4) 将闭环极点靠近虚轴，从 $p = -4$ 变成 $p = -0.5$ ，系统传递函数变为

$$\Phi_1(s) = \frac{0.625(s+2)(s+3)}{(s+0.5)(s^2+2s+2)}$$

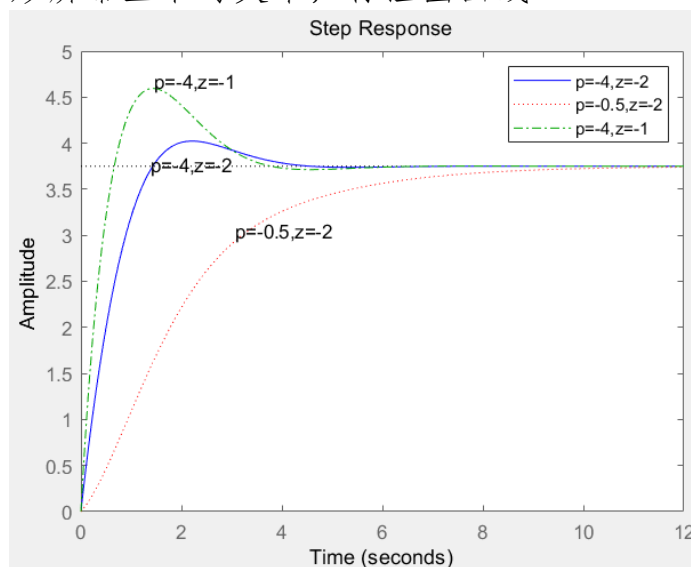
求新系统 $\Phi_1(s)$ 的单位阶跃响应；

5) 改变零点位置，从 $z = -2$ 变成 $z = -1$ ，

$$\Phi_2(s) = \frac{10(s+1)(s+3)}{(s+4)(s^2+2s+2)}$$

求新系统 $\Phi_2(s)$ 的单位阶跃响应；

6) 在同一幅图中，画出三个系统的单位阶跃响应，用 `gtext` 指令在图形屏幕上书写文本，标注出曲线



7) 根据仿真结果，分析系统闭环零极点的作用。

闭环零点作用：

减小峰值时间，使系统的响应时间加快，超调量增大，表明闭环零点会减小系统的阻尼。

闭环极点的作用：

增大调节时间，使系统的响应时间减慢，超调量减小，表明闭环极点会增大系统的阻尼。

代码如下：

```
%-----传递函数转零极点函数-----%
t = 0 : 0.01 : 12;
num = 5*[1 , 5 , 6];den = [1 , 6 , 10 , 8];          %原三阶建模
[z , p , k] = tf2zp(num , den);                    %转化函数
sys = zpkm(z , p , k)                               %零极点函数
%-----传递函数转零极点函数-----%

%-----pzmap-----%
figure(1);
pzmap(sys);
%-----pzmap-----%

%-----阶跃响应-----%
%-----p -4 to -0.5-----%
[p1] = [p];          %换位置储存
p1(1) = -0.5;k1 = 0.625; %更改p的参数
sys2 = zpkm(z , p1 , k1) %生成零极点模型
%-----p -4 to -0.5-----%
%-----z -2 to -1-----%
[z2] = [z];          %换位置储存
z2(2) = -1;k2 = 10; %更改z, k的参数
sys3 = zpkm(z2 , p , k2) %生成零极点模型
%-----z -2 to -1-----%

figure(2);
step(sys , 'b-' , ...
      sys2 , 'r:' , ...
      sys3 , 'g-' , t);
legend('p=-4, z=-2' , 'p=-0.5, z=-2' , 'p=-4, z=-1');
gtext('p=-4, z=-2');
gtext('p=-0.5, z=-2');
gtext('p=-4, z=-1');
%-----阶跃响应-----%
```

(4) 设三阶系统闭环传递函数（典型环节形式）为：

$$\Phi(s) = \frac{1.05(0.4762s+1)}{(0.125s+1)(0.5s+1)(s^2+s+1)}$$

根据系统主导极点，系统近似为二阶系统：

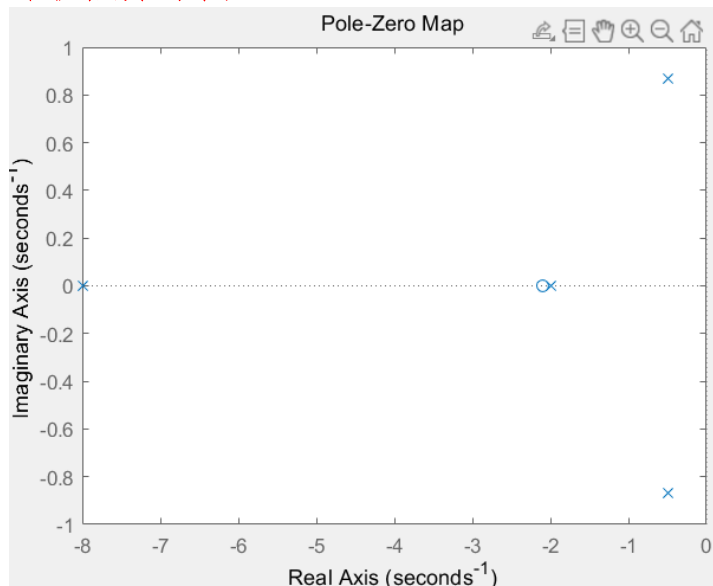
$$\Phi_1(s) = \frac{1.05}{s^2 + s + 1}$$

- 1) 将原系统传递函数改为零极点形式，利用命令 `pzmap` 在 S 平面绘制原系统的零极点分布图；

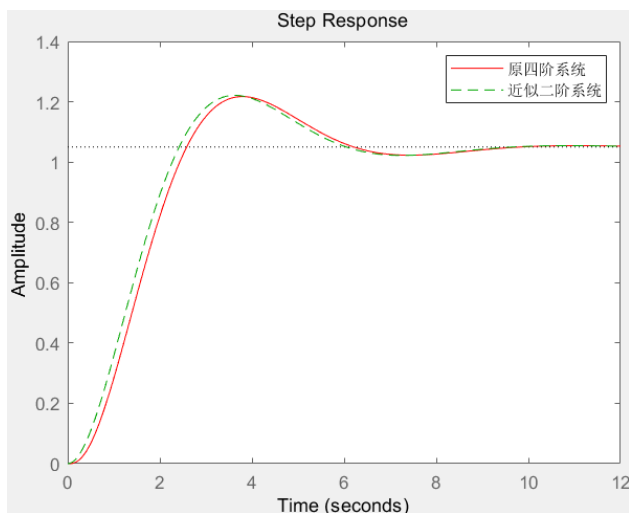
零极点形式：

$$\text{sys} = \frac{8.0002 (s+2.1)}{(s+8) (s+2) (s^2 + s + 1)}$$

零极点分布图：



- 2) 绘制原四阶系统和近似二阶系统的单位阶跃响应，求系统动态性能指标；



notice: tr:上升时间 tp:峰值时间 ts: 调节时间 pos:超调量

tr

tp

ts

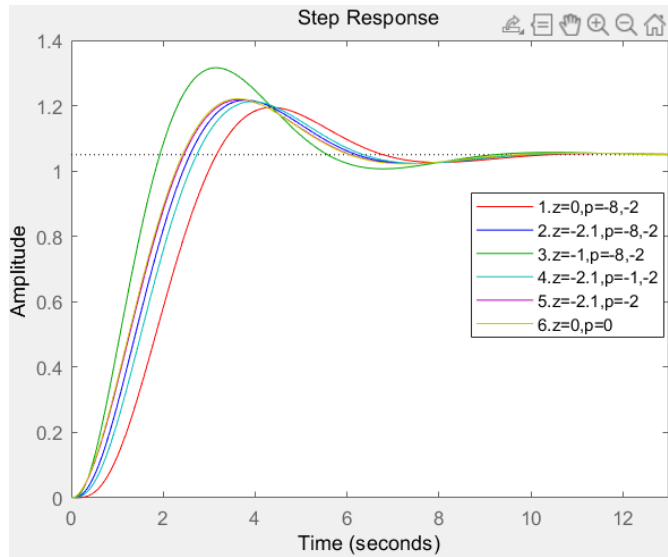
pos

四阶系统 1.68 3.79 9.14 15.582

二阶系统 1.65 3.63 8.97 16.003

	Tr (上升时间)	Tp (峰值时间)	Ts(调节时间) $\sigma = 1\%a$	Pos (超调量)
$\frac{8.0002(s + 2.1)}{(s + 8)(s + 2)(s^2 + s + 1)}$	1.68	3.79	9.14	15.582%
$\frac{1.05}{s^2 + s + 1}$	1.65	3.63	8.97	16.003%

- 3) 对 P108 表 3-3 内各系统进行仿真，绘制系统的单位阶跃响应，求动态性能指标；



notice: tr:上升时间 tp:峰值时间 ts: 调节时间 pos:超调量

	tr	tp	pos	ts
1	1.89	4.37	13.601	9.52
2	1.67	3.79	15.833	8.98
3	1.26	3.15	25.376	8.56
4	1.73	3.94	15.368	9.12
5	1.66	3.66	15.995	8.83
6	1.64	3.63	16.251	8.81

	传递函数	Tr (上升时间)	Tp (峰值时间)	Pos (超调量)	Ts (调节时间) $\sigma = 1\%$
1	$\frac{1.05}{(0.125s + 1)(0.5s + 1)(s^2 + s + 1)}$	1.89	4.37	13.601	9.52
2.	$\frac{1.05(0.4762s + 1)}{(0.125s + 1)(0.5s + 1)(s^2 + s + 1)}$	1.67	3.79	15.833	8.98
3	$\frac{1.05(s + 1)}{(0.125s + 1)(0.5s + 1)(s^2 + s + 1)}$	1.26	3.15	25.376	8.56
4	$\frac{1.05(0.4762s + 1)}{(0.25s + 1)(0.5s + 1)(s^2 + s + 1)}$	1.73	3.94	15.368	9.12
5	$\frac{1.05(0.4762s + 1)}{(0.5s + 1)(s^2 + s + 1)}$	1.66	3.66	15.995	8.83
6	$\frac{1.05}{s^2 + s + 1}$	1.64	3.63	16.251	8.81

4) 分析系统主导极点、零点和非主导极点的作用。

闭环零点的作用：

没有闭环零点仿真结果为 1，闭环零点为 $z=-1$ ，仿真结果为 3，比较 1、2、3 的动态性能得出闭环零点对动态系统性能的影响：减小峰值时间，使系统的响应时间加快，超调量增大。这表明闭环零点会减小系统阻尼，并且这种作用将随着闭环零点接近虚轴而加剧。

闭环非主导极点的作用：

闭环非主导极点影响。非主导闭环极点-4，仿真结果为 4。没有非主导闭环极点，仿真结果如 5。比较 4、5 可得非主导闭环极点对动态性能参数的影响：增大峰值时间，使系统的响应时间变慢，但是可以使超调量减小。这表明非主导闭环极点可以增大系统阻尼，且这种变化将随闭环非主导极点接近虚轴而加剧。

系统主导极点、零点的作用：

由 5、6 可得：如果闭环零、极点彼此接近，则它们对系统响应速度的影响会相应削弱。

代码如下：

```
%-----初始模型-----%
num = 1.05;den = [conv(conv([0.125,1],[0.5,1]),[1,1,1])];
num1 = 1.05 * [0.4762,1];den1 = [conv(conv([0.125,1],[0.5,1]),[1,1,1])];
num2 = 1.05 * [1,1];den2 = [conv(conv([0.125,1],[0.5,1]),[1,1,1])];
num3 = 1.05 * [0.4762,1];den3 = [conv(conv([0.25,1],[0.5,1]),[1,1,1])];
num4 = 1.05 * [0.4762,1];den4 = [conv([0.5,1],[1,1,1])];
num5 = 1.05;den5 = [1,1,1];
%-----初始模型-----%

%-----模型-----%
sys1 = tf(num,den);
sys2 = tf(num1,den1);
sys3 = tf(num2,den2);
sys4 = tf(num3,den3);
sys5 = tf(num4,den4);
sys6 = tf(num5,den5);
%-----获取参数-----%
t = 0 : 0.01 : 13;
[y1,x1] = step(sys1,t);[y2,x2] = step(sys2,t);[y3,x3] = step(sys3,t);
[y4,x4] = step(sys4,t);[y5,x5] = step(sys5,t);[y6,x6] = step(sys6,t);
%-----获取参数-----%
```

```

%-----分析动态性能指标-----%
A = analysis(y1 ,x1 ,t);
B = analysis(y2 ,x2 ,t);
C = analysis(y3 ,x3 ,t);
D = analysis(y4 ,x4 ,t);
E = analysis(y5 ,x5 ,t);
F = analysis(y6 ,x6 ,t);
%-----分析动态性能指标-----%
%-----画图-----%
t = 0 : 0.01 : 13;
figure(1);
step(sys1 , 'r' ,...
      sys2 , 'b' ,...
      sys3 , 'g' ,...
      sys4 , 'c' ,...
      sys5 , 'm' ,...
      sys6 , 'y' ,t);
legend(' 1. z=0, p=-8, -2' ,...
       ' 2. z=-2.1, p=-8, -2' ,...
       ' 3. z=-1, p=-8, -2' ,...
       ' 4. z=-2.1, p=-1, -2' ,...
       ' 5. z=-2.1, p=-2' ,...
       ' 6. z=0, p=0' );
%-----画图-----%
%-----模型-----%

%-----表格-----%
disp('notice: tr:上升时间 tp:峰值时间 ts: 调节时间 pos:超调量');
name = {' 1' ;' 2' ;' 3' ;' 4' ;' 5' ;' 6' };
tr = [A(1) ;B(1) ;C(1) ;D(1) ;E(1) ;F(1)];
tp = [A(2) ;B(2) ;C(2) ;D(2) ;E(2) ;F(2)];
ts = [A(3) ;B(3) ;C(3) ;D(3) ;E(3) ;F(3)];
pos = [A(4) ;B(4) ;C(4) ;D(4) ;E(4) ;F(4)];
table(tr , tp , pos , ts , 'RowNames' ,name)
%-----表格-----%

```