普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

机械控制工程基础实验教程

韩 柳 编著
王仲民 主审

国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

机械控制工程基础实验教程

韩　柳　编著
王仲民　主审

国防工业出版社

内容简介

本书共10个实验,包括控制系统的数学模型、结构图简化及传递函数求解、典型环节模拟、时域响应分析、稳态误差分析、幅相频率特性分析、对数频率特性分析、根轨迹、控制系统的校正和倒立摆系统PID调节器设计等内容。每个实验通过实例介绍了运用MATLAB及Simulink进行控制系统设计与分析的方法,并在"实验相关知识"部分有相应控制理论知识点小结,以加强读者对控制理论的理解。

本书可作为应用型高等院校机械工程类专业、测控技术及仪器类专业、高职高专院校自动化类专业实验的指导书,也可供相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械控制工程基础实验教程/韩柳编著. —北京:国防工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-118-08669-0

Ⅰ.①机... Ⅱ.①韩... Ⅲ.①机械工程-控制系统-教学参考资料 Ⅳ.①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第031570号

※

国防工業出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×960 1/16 **印张** 8½ **字数** 172千字

2013年3月第1版第1次印刷 **印数** 1—4000册 **定价** 19.00元

国防书店:(010)88540777 发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755 发行业务:(010)88540717

前　言

“机械控制工程基础”是机械工程类专业的一门重要的学科专业基础课，理论性与工程性都很强，学生理解起来比较困难。而实验是一个不可或缺的环节，许多控制理论只有经过实验，学生才能够深入理解与掌握。通过实验，能够帮助学生更好地了解和掌握机械控制工程的基本概念，提高综合运用所学的机械工程专业知识和工程数学等基础知识进行机械控制系统分析与设计的能力。

随着计算机的广泛应用，利用计算机进行机械控制系统的设计、分析和仿真已成为从事机械控制领域研究的工程技术人员所必须掌握的一门技术。因此，我们基于目前使用最为广泛的控制系统仿真软件——MATLAB，并结合多年的教学实践经验，在吸收众多高校有关教材精华的基础上，编写了本书。

本书重点突出、分析透彻，可帮助学生理清思路、掌握重点、突破难点，从而提高分析与解决控制工程问题的能力。

本书系与《机械控制工程基础》（王仲民主编，国防工业出版社，2010）一书配套的实验教材。同时，也是一本学习与掌握机械工程自动控制理论的辅导教材。

本书由天津职业技术师范大学韩柳高级实验师编写，天津职业技术师范大学王仲民教授主审。

由于时间仓促及编著者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

2012 年 11 月

目　录

实验一　控制系统的数学模型

一、实验目的

（1）掌握拉普拉斯变换与逆变换的 MATLAB 实现方法。
（2）了解和掌握控制系统传递函数的 MATLAB 描述方式。
（3）掌握控制系统数学模型之间的转换方法。
（4）掌握 MATLAB 绘制控制系统零、极点分布图的方法。

二、实验相关知识

1. 拉普拉斯变换与逆变换

拉普拉斯变换(Laplace Transform)是工程数学中常用的一种积分变换，它是以法国数学家、天文学家皮埃尔－西蒙·拉普拉斯(Pierre－Simon marquis de Laplace，1749—1827)的名字命名的。应用拉普拉斯变换可以将时域的常变量齐次微分方程变换为复数域的代数方程，易于求解。在经典控制理论中，对控制系统的分析、综合与校正，都是建立在拉普拉斯变换基础上的。

若有一个以时间 t 为自变量的实变函数 $f(t)$，且当 $t<0$ 时，$f(t)=0$，则 $f(t)$ 的拉普拉斯变换定义为

$$F(s) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t)\mathrm{e}^{-st}\mathrm{d}t \qquad (1-1)$$

式中：s 是复变量，$s=\sigma+\mathrm{j}\omega$（$\sigma$、$\omega$ 均为实数），以 σ 为横坐标（实轴），$\mathrm{j}\omega$ 为纵坐标（虚轴），即构成了一个复平面，又称为[s]平面；$F(s)$ 是以 s 为复变量的复变函数，又称为象函数；$f(t)$ 为原函数。

将象函数 $F(s)$ 变换到与其对应的原函数 $f(t)$ 的过程称为拉普拉斯逆变换(Inverse Laplace Transform)，其定义为

$$f(t) = L^{-1}[F(s)] = \frac{1}{2\pi\mathrm{j}}\int_{\sigma-\mathrm{j}\omega}^{\sigma+\mathrm{j}\omega} F(s)\mathrm{e}^{st}\mathrm{d}s \qquad (1-2)$$

拉普拉斯变换的基本定理见表 1－1，了解与掌握这些定理，可以更加方便地求解拉普拉斯变换与其逆变换。

MATLAB 符号运算工具箱(Symbolic Math Toolbox)提供了能直接求解拉普拉斯变换

的函数 laplace 和求解拉普拉斯逆变换的函数 ilaplace，其调用格式分别为

$$F = \text{laplace}(f, t, s)$$
$$f = \text{ilaplace}(F, s, t)$$

式中：F 表示 $F(s)$，f 表示 $f(t)$。t 和 s 可以省略。省略 t 时，默认 f 为变量 t 的函数；省略 s 时，程序运算的结果默认 F 为复变量 s 的函数。

表 1－1　拉普拉斯变换的基本定理

名称	内　　容	备　注
线性定理	$L[af(t)] = aF(s)$	a、b 均为常数
	$L[af_1(t) + bf_2(t)] = aF_1(s) + bF_2(s)$	
复数域位移定理	$L[e^{\pm at}f(t)] = F(s \mp a)$	a 为常数
实数域位移定理（延时定理）	$L[f(t-\tau)] = e^{-\tau s}F(s)$	τ 为正实数
微分定理	$L\left[\frac{df(t)}{dt}\right] = sF(s) - f(0)$	$f(0)$ 为函数 $f(t)$ 在 $t=0$ 时的值
	$L\left[\frac{d^{(n)}f(t)}{dt^n}\right] = s^nF(s) - \sum_{k=1}^{n} s^{n-k}f^{k-1}(0)$	$f^{k-1}(0)$ 为 k 阶导数在 $t=0$ 时的值
	$L\left[\frac{d^{(n)}f(t)}{dt^n}\right] = s^nF(s)$	各阶导数初始条件均为零
积分定理	$L\left[\int f(t)dt\right] = \frac{F(s)}{s} + \frac{1}{s}\left[\int f(t)dt\right]_{t=0}$	
	$L\left[\int\cdots\int f(t)(dt)^n\right] = \frac{F(s)}{s^n} + \sum_{k=1}^{n}\frac{1}{s^{n-k+1}}\left[\int\cdots\int f(t)(dt)^k\right]_{t=0}$	
	$L\left[\int\cdots\int f(t)(dt)^n\right] = \frac{F(s)}{s^n}$	各重积分的初始值均为零
相似定理	$L\left[f\left(\frac{t}{a}\right)\right] = aF(as)$	a 为常数
卷积定理	$L\left[\int_0^{\infty} f(t-\tau)g(\tau)d\tau\right] = F(s)G(s)$	
初值定理	$\lim_{t\to 0} f(t) = \lim_{s\to\infty} sF(s)$	
终值定理	$\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{s\to 0} sF(s)$	

使用拉普拉斯变换函数之前，需要用函数 syms 或 sym 来设置有关的符号变量，其调用格式分别为

```
syms arg1 arg2 …
```

```
arg = sym('arg')
```

式中:arg1、arg2 和 arg 均表示符号变量。

【例 1-1】 试求 $f(t)=\mathrm{e}^{-0.5t}\cos 10t$ 的拉普拉斯变换。

【解】 (1)令 $g(t)=\cos 10t$,$G(s)$ 为 $g(t)$ 的象函数,则

$$G(s)=L[g(t)]=L[\cos 10t]=\int_0^{\infty}\cos 10t\cdot\mathrm{e}^{-st}\mathrm{d}t=\int_0^{\infty}\frac{1}{2}(\mathrm{e}^{10\mathrm{j}t}+\mathrm{e}^{-10\mathrm{j}t})\cdot\mathrm{e}^{-st}\mathrm{d}t$$
$$=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{s-10\mathrm{j}}+\frac{1}{s+10\mathrm{j}}\right)=\frac{s}{s^2+10^2}$$

根据复数域位移定理,求得 $f(t)$ 的象函数 $F(s)$ 为

$$F(s)=L[f(t)]=L[\mathrm{e}^{-0.5t}g(t)]=G(s+0.5)=\frac{s+0.5}{(s+0.5)^2+10^2}=\frac{2(2s+1)}{4s^2+4s+401}$$

(2)利用 MATLAB 求拉普拉斯变换。在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
syms t s                          % 定义时间变量 t 和复变量 s
f = exp( -0.5 * t) * cos(10 * t);  % 给出原函数 f(t)
F = laplace(f,t,s)                % 计算象函数 F(s)
```

运行结果如图 1-1 所示。经整理得 $f(t)$ 的象函数 $F(s)$ 为

$$F(s)=\frac{2(2s+1)}{4s^2+4s+401}$$

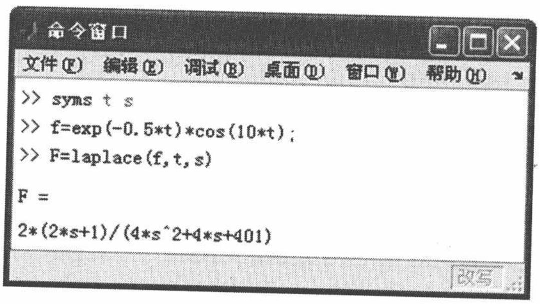

图 1-1 例 1-1 的 MATLAB 程序代码及运行结果

典型函数的拉普拉斯变换 MATLAB 程序代码及运算结果见表 1-2。

【例 1-2】 试求 $F(s)=\dfrac{s^2+3s}{(s+1)(s+2)}$ 的拉普拉斯逆变换。

【解】 (1)将 $F(s)$ 简化为

$$F(s)=1-\frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

令 $F(s)=1-G(s)$,则

$$G(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)} = \frac{c_1}{s+1} + \frac{c_2}{s+2}$$

利用部分分式展开法确定待定系数，即

$$c_1 = \left[\frac{2}{(s+1)(s+2)}(s+1)\right]_{s=-1} = 2$$

$$c_2 = \left[\frac{2}{(s+1)(s+2)}(s+2)\right]_{s=-2} = -2$$

表 1－2　典型函数拉普拉斯变换 MATLAB 程序代码及运算结果

序号	原函数 $f(t)$	MATLAB 程序代码	程序运算结果	象函数 $F(s)$
1	$\delta(t)$	syms t s F = laplace(dirac(t))	F = 1	1
2	$1(t)$	syms t s F = laplace(1,t,s)	F = 1/s	$\frac{1}{s}$
3	t	syms t s F = laplace(t)	F = 1/s^2	$\frac{1}{s^2}$
4	$\frac{t^2}{2!}$	syms t s F = laplace(t^2/factorial(2))	F = 1/s^3	$\frac{1}{s^3}$
5	e^{-at}	syms t s a F = laplace(exp(-a*t))	F = 1/(s+a)	$\frac{1}{s+a}$
6	te^{-at}	syms t s a F = laplace(t*exp(-a*t))	F = 1/(s+a)^2	$\frac{1}{(s+a)^2}$
7	$\sin\omega t$	syms t s omega F = laplace(sin(omega*t))	F = omega/(s^2 + omega^2)	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
8	$\cos\omega t$	syms t s omega F = laplace(cos(omega*t))	F = s/(s^2 + omega^2)	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$
9	$e^{-at}\sin\omega t$	syms t s a omega F = laplace(exp(-a*t)*sin(omega*t))	F = omega/((s+a)^2 + omega^2)	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$
10	$e^{-at}\cos\omega t$	syms t s a omega F = laplace(exp(-a*t)*cos(omega*t))	F = (s+a)/((s+a)^2 + omega^2)	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$
11	$1-e^{-at}$	syms t s a F = laplace(1 - exp(-a*t))	F = a/s/(s+a)	$\frac{a}{s(s+a)}$
12	$e^{-at}-e^{-bt}$	syms t s a b F = laplace(exp(-a*t) - exp(-b*t))	F = (b-a)/(s+a)/(s+b)	$\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$

得

$$G(s) = \frac{2}{s+1} - \frac{2}{s+2}$$

从而得

$$F(s) = 1 - \frac{2}{s+1} + \frac{2}{s+2}$$

对上式进行拉普拉斯逆变换，得

$$f(t) = L^{-1}[F(s)] = L^{-1}\left[1 - \frac{2}{s+1} + \frac{2}{s+2}\right] = \delta(t) - 2e^{-t} + 2e^{-2t}$$

(2) 利用 MATLAB 求拉普拉斯逆变换。在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码：

```
syms t s                          % 定义时间变量 t 和复变量 s
F = (s^2 +3 * s)/(s +1)/(s +2);   % 给出象函数 F(s)
f = ilaplace(F,s,t)               % 计算原函数 f(t)
```

运行结果如图 1-2 所示。

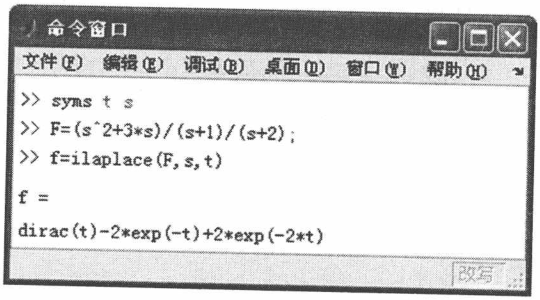

图 1-2　例 1-2 的 MATLAB 程序代码及运行结果

经整理得 $F(s)$ 的拉普拉斯逆变换为

$$f(t) = \delta(t) - 2e^{-t} + 2e^{-2t}$$

从例 1-1 和例 1-2 可以看出，利用 MATLAB 进行函数的拉普拉斯变换和逆变换，计算更加方便、快捷，且结果准确。

2. 控制系统的传递函数

传递函数(Transfer Function)是经典控制理论中对线性系统进行分析、研究与综合的最基本、最重要的数学模型。它在拉普拉斯变换基础上，通过输入与输出之间信息的传递关系来描述系统本身的动态特性。

1) 传递函数的描述方式

线性定常系统的传递函数是在零初始条件下，输入量的拉普拉斯变换与输出量的拉普拉斯变换之比。控制系统的传递函数通常有三种描述方式：有理多项式、零极点增益和

部分分式。

(1) 有理多项式形式。控制系统传递函数通常以有理多项式的形式表示，即

$$G(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\sum_{j=0}^{m} b_j s^j}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i}=\frac{b_m s^m+b_{m-1}s^{m-1}+\cdots+b_1 s+b_0}{a_n s^n+a_{n-1}s^{n-1}+\cdots+a_1 s+a_0} \qquad (1-3)$$

MATLAB 控制系统工具箱（Control System Toolbox）提供了用于构造系统传递函数的函数 tf，其调用格式为

```
G = tf(num,den)
```

式中：num 与 den 分别表示传递函数分子（numerator）和分母（denominator）多项式系数的降幂排列的行向量，即

$$\begin{cases} \text{num} = [b_m, b_{m-1}, \cdots, b_1, b_0] \\ \text{den} = [a_n, a_{n-1}, \cdots, a_1, a_0] \end{cases}$$

这两个行向量也可以取其它的名字。在 MATLAB 环境下通常使用 num 和 den 来命名。

【例 1-3】在 MATLAB 环境下将下面控制系统的传递函数描述出来。

$$G(s)=\frac{2s^2-2s-4}{s^3+6s^2-40s-192}$$

【解】在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码：

```
num = [2, -2, -4];
den = [1,6, -40, -192];
G = tf(num,den)
```

运行结果如图 1-3 所示。

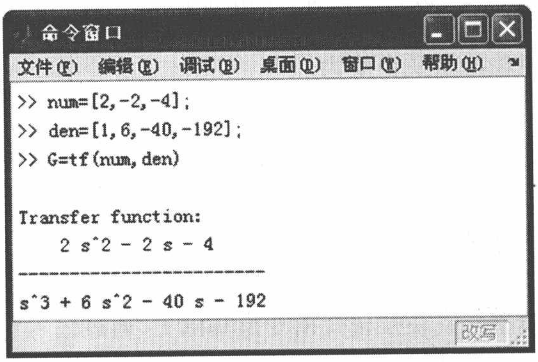

图 1-3　例 1-3 的程序运行结果

(2) 零极点增益形式。零极点增益形式就是将控制系统传递函数的有理多项式形式分解为因式连乘的形式，即

$$G(s)=\frac{k\prod_{j=1}^{m}(s-z_j)}{\prod_{i=1}^{n}(s-p_i)}=\frac{k(s-z_1)(s-z_2)\cdots(s-z_m)}{(s-p_1)(s-p_2)\cdots(s-p_n)} \qquad (1-4)$$

式中:k 表示系统的零、极点增益值;z_j 表示系统的 m 个零点值,$j=1,2,\cdots,m$;p_i 表示系统的 n 个极点值,$i=1,2,\cdots,n$。

MATLAB 控制系统工具箱提供了表述零、极点增益形式的函数 zpk,其调用格式为

```
G = zpk(z,p,k)
```

式中:z 表示零点列向量;p 表示极点列向量;k 表示增益值,即

$$\begin{cases} \mathrm{z}=[\mathrm{z}_1;\mathrm{z}_2;\cdots;\mathrm{z}_m] \\ \mathrm{p}=[\mathrm{p}_1;\mathrm{p}_2;\cdots;\mathrm{p}_n] \\ \mathrm{k}=[\mathrm{k}] \end{cases}$$

【例 1-4】在 MATLAB 环境下将下面控制系统的传递函数描述出来。

$$G(s)=\frac{4(s-1)(s+2)}{s(s+1)(s-2)}$$

【解】在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
z = [1; -2];
p = [0; -1;2];
k = 4;
G = zpk(z,p,k)
```

运行结果如图 1-4 所示。

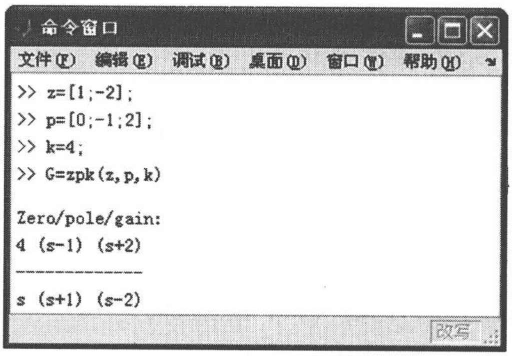

图 1-4 例 1-4 的程序运行结果

(3) 部分分式形式。控制系统传递函数也可以表示为部分分式的形式,即

$$G(s)=\frac{r_1}{s-p_1}+\frac{r_2}{s-p_2}+\cdots+\frac{r_n}{s-p_n}+k(s) \qquad (1-5)$$

式中:p_i 表示系统的 n 个极点值;r_i 表示对应极点的留数;$k(s)$ 表示传递函数分子多项式除以分母多项式的余式,若分子与分母多项式阶次相等,k 为标量;若分子阶次小于分母的阶次,则 k 不存在,在 MATLAB 环境下记作"$k=[\ ]$"。

在 MATLAB 环境下部分分式形式用极点、留数和余式系数向量来表示,系统简记为(r,p,k)。极点、留数和余式系数向量为

$$\begin{cases} r = [r_1, r_2, \cdots, r_n] \\ p = [p_1, p_2, \cdots, p_n] \\ k = [k_m, \cdots, k_1, k_0] \end{cases}$$

2)控制系统传递函数模型之间的转换

同一个控制系统都可用上述三种不同的模型表示。为分析系统的特性,常常需要在三种模型之间进行转换。

(1)有理多项式与零极点增益形式之间的转换。MATLAB 提供了有理多项式转换为零极点增益的函数 tf2zp 和零极点增益转换为有理多项式的函数 zp2tf,其调用格式分别为

```
[z,p,k] = tf2zp(num,den)
[num,den] = zp2tf(z,p,k)
```

【例 1-5】 利用 MATLAB 将例 1-1 中控制系统传递函数转换为零极点增益形式。

【解】 在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
num = [2, -2, -4];
den = [1,6, -40, -192];
[z,p,k] = tf2zp(num,den)
G = zpk(z,p,k)
```

运行结果如图 1-5 所示。经整理得

$$G(s) = \frac{2(s-2)(s+1)}{(s-6)(s+8)(s+4)}$$

【例 1-6】 利用 MATLAB 将下面控制系统传递函数转换为有理多项式形式。

$$G(s) = \frac{3s(s-1)(s+5)}{(s-2)(s+10)(s-8)(s+3)}$$

【解】 在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
z = [0;1; -5]; p = [2; -10;8; -3]; k = 3;
[num,den] = zp2tf(z,p,k)
G = tf(num,den)
```

运行结果如图 1-6 所示。经整理得

$$G(s) = \frac{3s^3 + 12s^2 - 15s}{s^4 + 3s^3 - 84s^2 - 92s + 480}$$

```
>> num=[2,-2,-4];
>> den=[1,6,-40,-192];
>> [z,p,k]=tf2zp(num,den)

z =

     2
    -1

p =

    6.0000
   -8.0000
   -4.0000

k =

     2

>> G=zpk(z,p,k)

Zero/pole/gain:
  2 (s-2) (s+1)
-----------------
(s-6) (s+8) (s+4)
```

图 1－5　例 1－5 的程序运行结果

```
>> z=[0;1;-5]; p=[2;-10;8;-3]; k=3;
>> [num,den]=zp2tf(z,p,k)

num =

     0     3    12   -15     0

den =

     1     3   -84   -92   480

>> G=tf(num,den)

Transfer function:
       3 s^3 + 12 s^2 - 15 s
----------------------------------
s^4 + 3 s^3 - 84 s^2 - 92 s + 480
```

图 1－6　例 1－6 的程序运行结果

(2) 有理多项式与部分分式形式之间的转换。MATLAB 提供了有理多项式与部分分式形式相互转换的函数 residue,其调用格式分别为

```
[r,p,k] = residue(num,den)
[num,den] = residue(r,p,k)
```

【例 1-7】 利用 MATLAB 将例 1-5 的系统传递函数转换为部分分式形式。

【解】 在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
num = [2, -2, -4]; den = [1,6, -40, -192];
[r,p,k] = residue(num,den)
```

运行结果如图 1-7 所示。

经整理,传递函数的部分分式形式为

$$G(s) = \frac{2.5}{s+8} + \frac{0.4}{s-6} - \frac{0.9}{s+4}$$

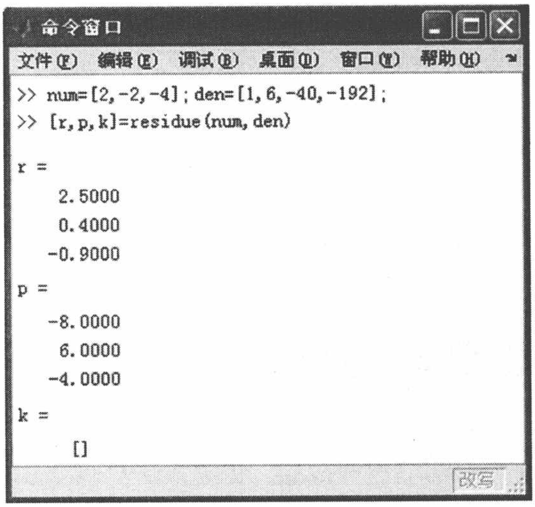

图 1-7 例 1-7 的程序运行结果

【例 1-8】 利用 MATLAB 将下面控制系统传递函数转换为有理多项式形式。

$$G(s) = \frac{2}{s+1} - \frac{1}{s-2} + \frac{1}{s+3} + s + 2$$

【解】 在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码:

```
r = [2, -1,1];p = [ -1,2, -3];k = [1,2];
[num,den] = residue(r,p,k)
G = tf(num, den)
```

运行结果如图 1-8 所示。

经整理得

$$G(s) = \frac{s^4 + 4s^3 + s^2 - 19s - 29}{s^3 + 2s^2 - 5s - 6}$$

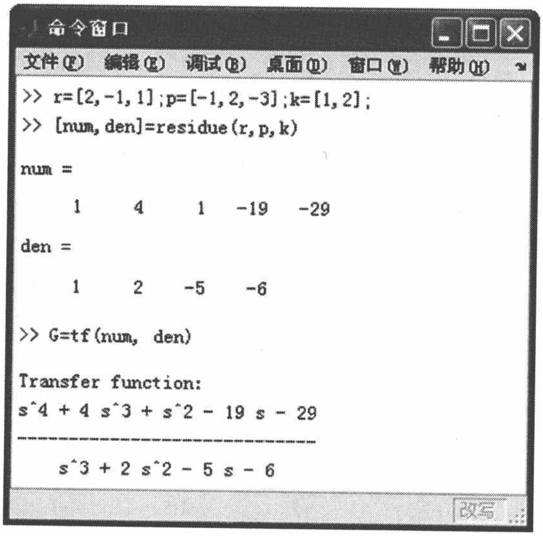

图 1-8 例 1-8 的程序运行结果

3）控制系统的零、极点分布图绘制方法

通过零、极点分布图可以分析系统的稳定性。MATLAB 控制系统工具箱提供了绘制连续系统零、极点分布图的函数 pzmap，其调用格式为

```
pzmap(num,den)或 pzmap(G)
```

式中：G 为系统的传递函数。

【例 1-9】已知某系统传递函数为

$$G(s) = \frac{30(s+2)}{s(s+3)(s^2+2s+2)}$$

试利用 MATLAB 绘制该系统的零、极点分布图。

【解】在 MATLAB 命令窗口内输入如下程序代码：

```
num = conv(30,[1,2]);
den = conv([1,0],conv([1,3],[1,2,2]));
pzmap(num,den)
```

程序运行后，系统的零、极点分布图显示在 Figure1 图形窗口内，如图 1-9 所示。图中的"o"表示零点，"×"表示极点。当鼠标移动到这些点时，会弹出相应点的属性框，属性框内列出了系统的名称、零、极点值、幅值、超调量和角频率等信息。

由图 1-9 可知，本例题的控制系统极点值为 0、-1+i、-1-i 和 -3，零点值为 -2。

【程序说明】本程序运用了函数 conv。该函数用于求解两个多项式的乘积。若求多

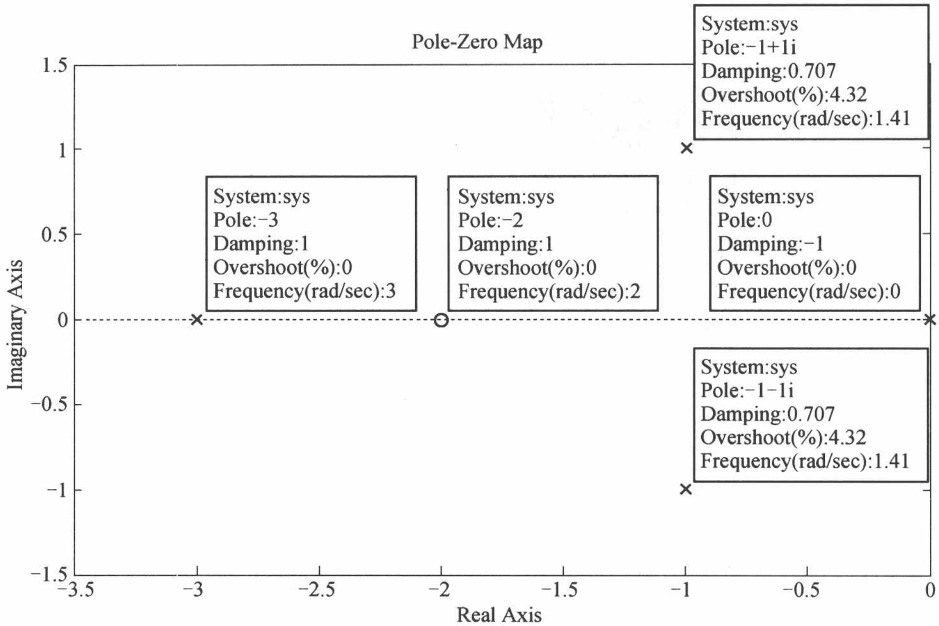

图 1-9　例 1-9 的零极点分布图

个多项式的乘积时,可以嵌套使用。其调用格式为

```
p = conv(p1,p2)
p = conv(p1,conv(p2,p3))
```

式中:p_1、p_2 和 p_3 分别为各多项式的系数行向量。

三、实验内容

(1) 上机练习实验相关知识中的各实例,熟悉 MATLAB 软件。

(2) 已知函数 $f(t)=3t^2+t^2e^{-2t}+e^{-3t}\cos 3t$,编写 MATLAB 程序,对其进行拉普拉斯变换,求象函数 $F(s)$。

(3) 已知象函数 $F(s)=\dfrac{4(s^2+1)}{s(s+2)(s^2+2s+3)}$,编写 MATLAB 程序,对其进行拉普拉斯逆变换,求原函数 $f(t)$。

(4) 利用 MATLAB 将下面系统的传递函数描述出来,然后将其分别转换为零、极点增益形式和部分分式形式,并绘制零、极点分布图。

$$G(s)=\frac{s^4+35s^3-238s^2-500s}{8s^4-130s^3+426s^2-300s+1260}$$

(5) 利用 MATLAB 将下面系统的传递函数描述出来,然后将其分别转换为有理多项