专业：电子信息工程
姓名：王涵
学号：3200104515
日期：2022.11.12
地点：寝室

# 浙江大学实验报告

课程名称：控制理论(乙)　指导老师：韦巍　成绩：

实验名称：仿真实验—时域分析

==========================================================================

## 一、 实验目的

1. 掌握用 MATLAB 进行系统的时域分析的方法。
2. 熟悉 Simulink 仿真环境，利用 simulink 设计控制系统并进行分析。

## 二、 实验原理

1. 系统仿真实质就是对系统模型的求解，对控制系统来说，一般模型课转化成某个微分方程或差分方程表示。因此在仿真过程中，一般以某种数值算法从初态出发，逐步计算系统响应，最后绘制出系统响应曲线，进而分析系统性能。

MATLAB 中提供求取连续系统响应的函数：

（1）零输入响应函数

（2）脉冲响应函数

（3）阶跃响应函数

（4）任意输入响应函数 2.不同数学模型间的转换函数：

2. 常用函数：

**零输入响应：**

initial（G，$x\_0$，$T\_s$）　　绘制系统的零输入响应曲线

initial（G1,G2，……，$x\_0$，$T\_s$）　绘制多个系统的零输入响应曲线

说明：G 为系统模型，必须是状态空间模型。

$x_0$是初始条件，$T_s$为时间点

**连续系统脉冲响应：**

impulse（G,$T\_s$）绘制系统的脉冲响应曲线

说明：$G$为系统模型，可以是传递函数、状态方程、零极点增益的形式。

$T_s$为时间点，可省略。

**阶跃响应曲线分析：**

$step(G,T\_s)$

说明：参数设置与 impulse 命令相同，$T_s$可缺省。

**任意输入的响应:**

$lsim(G,U,T_s)$绘制系统的任意响应曲线。

$lsim(G_1,G_2,\cdots,U,T_s)$绘制多个系统的任意响应曲线

## 三、 实验内容

1. 二阶系统，状态方程模型如下：

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-0.5572 & -0.7814\\ 0.7814 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\ 0\end{bmatrix}u$$

$$y=\begin{bmatrix}1.9691 & 6.4493\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}+[0]u$$

1）画出系统的单位阶跃响应曲线。

2）画出系统的冲击响应曲线。

3）当系统的初始状态为$X_0=[1,0]$时，画出系统的零输入响应。

4）当系统的初始状态为零时，画出系统斜坡输入响应。

要求：

1）编程画出单位阶跃响应曲线、冲击响应曲线、系统的零输入响应、斜坡输入响应。

2）在 Simulink 仿真环境中，组成系统的仿真框图，得到系统的单位阶跃响应曲线

2. 二阶系统标准传递函数形式如下：

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n+\omega_n^2}$$

使用阶跃响应曲线分析特征参量$\xi$和$\omega_n$对二阶系统性能的影响。

要求：

1）在参量$\omega_n$（自由振荡频率）为 1 时，参量$\xi$（阻尼比）在无阻尼（$\xi$=0）、欠阻尼（$\xi$=0.5）、临界阻尼（$\xi$=1）和过阻尼（$\xi$=2）状态下对二阶系统性能的影响。

2）在参量$\omega_n$在欠阻尼（$\xi$=0.5）情况下，$\omega_n$分别取 1、2、3 时对二阶系统性能的影响

3. 设初始状态为$[1\quad 1\quad -1]^T$, 求三阶系统的单位阶跃响应、单位脉冲、响应以及零输入响应。

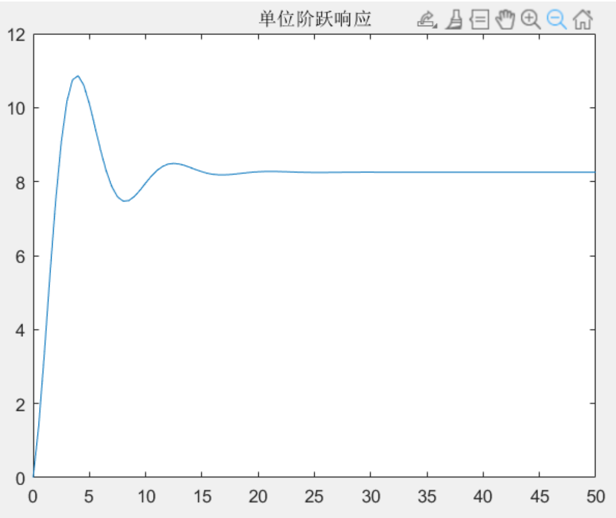
$$H(s)=\frac{5(s^2+5s+6)}{s^3+6s^2+10s+8}$$

## 四、 实验数据记录、处理和分析

### 实验 1.代码：

```
%% problem 1

A = [-0.5572 -0.7814;

          0.7814    0];

B = [1; 0];

C = [1.9691 6.4493];
```

```
D = 0;

t= 0:0.5:50;

sys = ss(A, B, C, D);

% 单位阶跃响应

y = step(sys,t);

% plot(t, y);

% 冲击响应函数

y1 = impulse(sys, t);

% plot(t, y1);

% x=[1 0] 零输入响应

x0 = [1 0];

y2 = initial(sys, x0, t);

% plot(t, y2);

% 初始态为零，系统斜坡输入响应

x = t;

y3 = lsim(sys, x, t);

plot(t, y3);
```



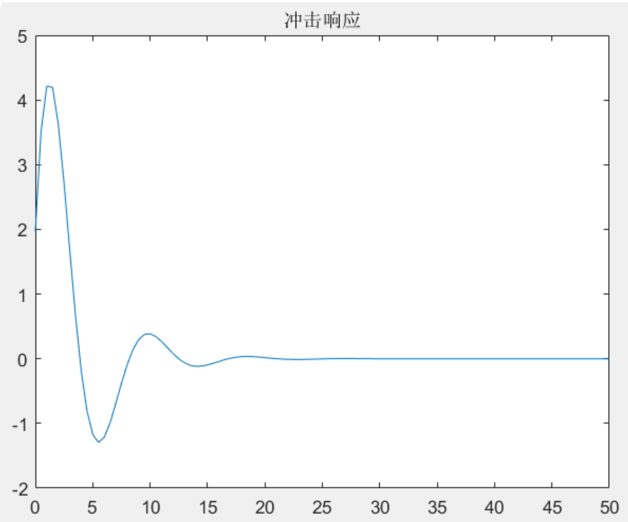
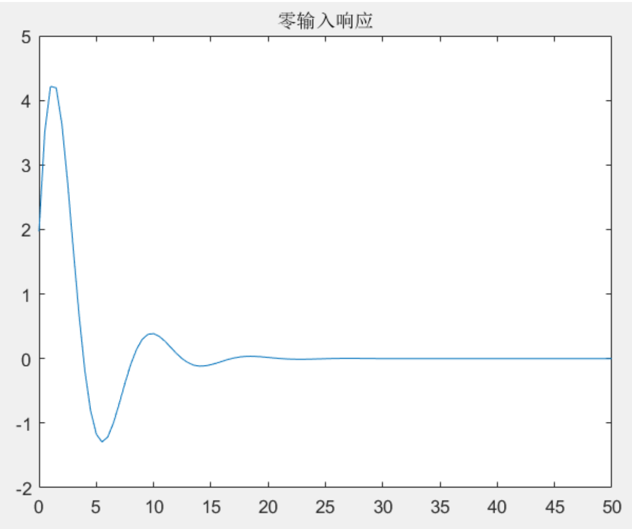




图 4.1 单位阶跃响应曲线　　　　图 4.2 冲击响应曲线



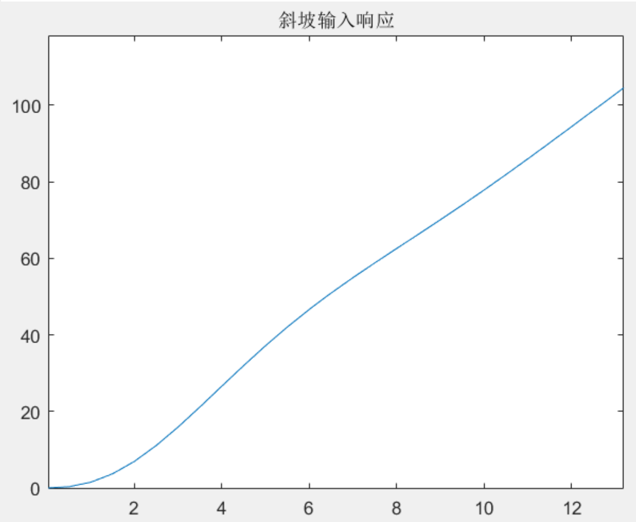




图 4.3 零输入响应　　　　图 4.4 系统初始状态为零的斜坡输入响应

在 simulink 中搭建仿真模型如图 4.5 所示，输入为单位阶跃响应。

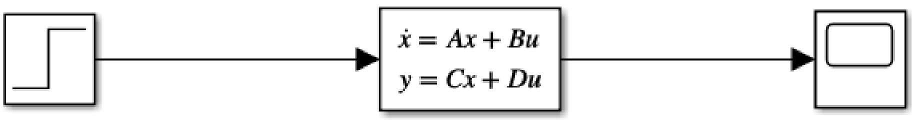



图 4.5 simulink 模型

输出的时间响应波形在示波器中查看，结果如图 4.5 所示，通过示波器的光标功能可测得该系统单位阶跃响应的最大超调量$\sigma_p = \dfrac{10.87-8.25}{8.25} = 31.8\%$，峰值时间 tp=4.928-1=3.928s。直接通过函数得到的最大超调量$\sigma_p = \dfrac{10.874-8.25}{8.25} = 31.8\%$，峰值时间 tp=3.9s。两种方式得到的阶跃响应曲线是一致的，存在的很小的误差是由于仿真时精度的选择不同，说明两种仿真方式的本质相同。

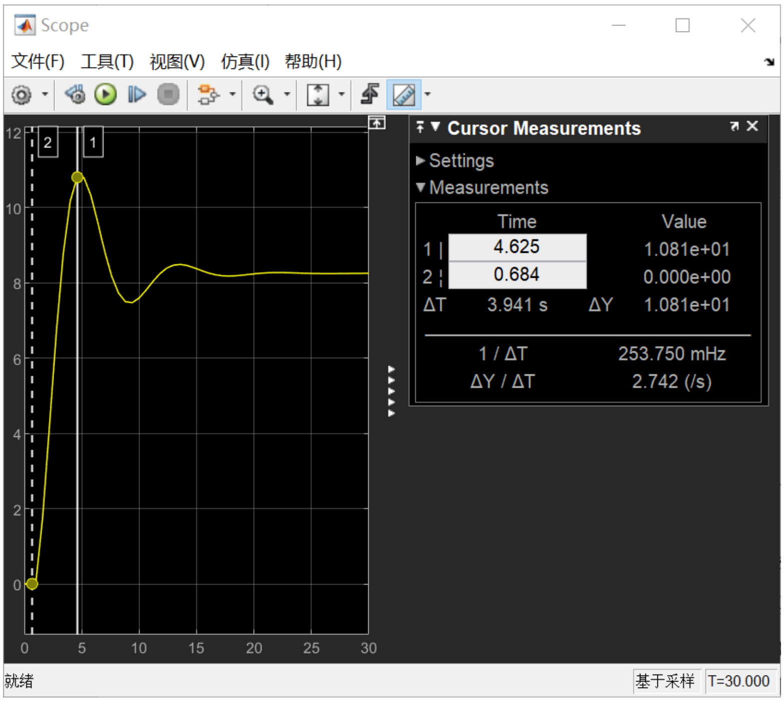



图 4.6 阶跃响应曲线

**分析：**

由图 4.1 的单位阶跃响应曲线可知该系统存在超调现象，且最大超调量超过了 30%，调整时间约为 15s，曲线在振荡约 4-5 次后稳定在 8.25 左右，可得该系统的比例放大倍数 K=8.25。

由图 4.2 可知系统的单位冲击响应曲线从 0 开始振荡几次后恢复至 0，由图 4.3 可知输入为 x=[1 0]的零输入响应在零时刻初值不为 0，从某值开始向上上升，振荡几次后恢复到 0。由图 4.3 可知系统初始状态为零时的斜坡响应函数开始时会围绕直线进行振荡，随后斜率逐渐稳定，响应曲线比较理想。

**实验 2.**

**代码：**

```
%% problem 2

w = 3;

zeta = 0.5;

num = [w^2];

den = [1 2*zeta*w w^2];

[A1, B1, C1, D1] = tf2ss(num, den);

sys = ss(A1,B1,C1,D1);
```

```
t = 0:0.1:20;

y4 = step(sys, t);

plot(t, y4);
```

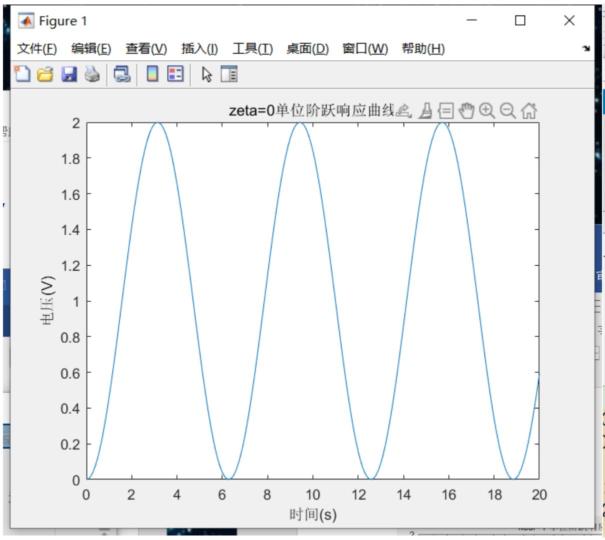



图 4.7 ξ=0 时的单位阶跃响应曲线

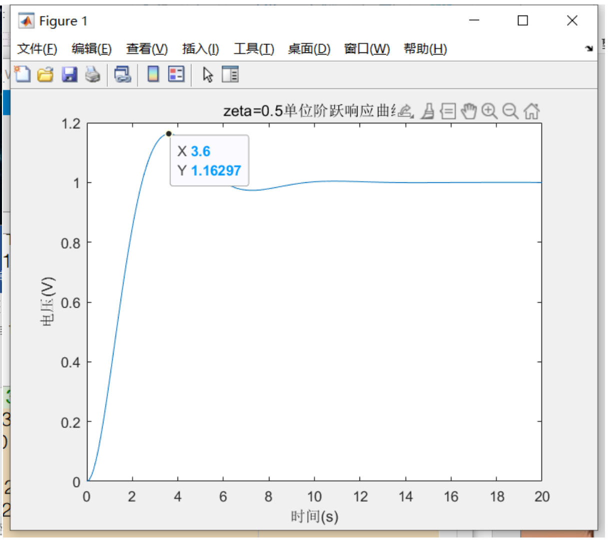



图 4.8 ξ=0.5 时的单位阶跃响应曲线

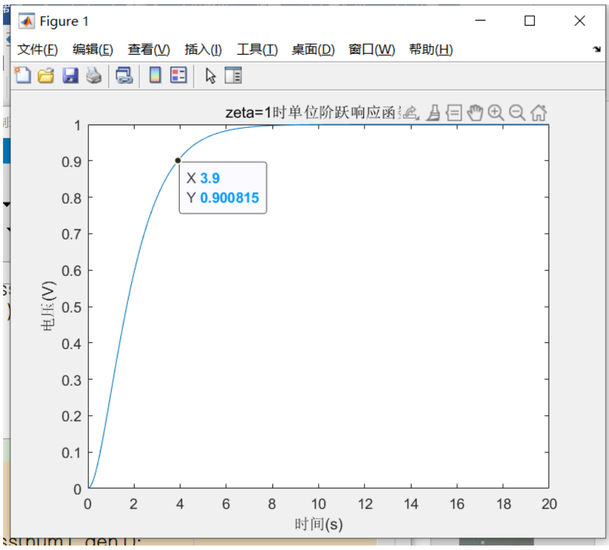



图 4.9 ξ=1 时的单位阶跃响应曲线

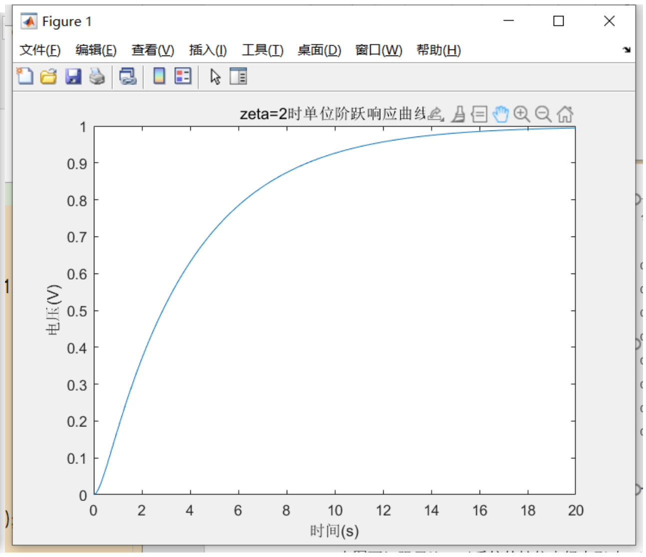



图 4.10 ξ=2 时的单位阶跃响应曲线

**分析：**

由图可知阻尼比ξ对系统的性能由很大影响，当ξ=0 时为振荡系统，阶跃响应为正弦函数；当 0<ξ<1 时系统为欠阻尼状态，阶跃响应波形会出现振荡，且ξ越小振荡程度越大；当ξ=1 时系统为临界阻尼状态，单位阶跃响应恰好不会出现振荡；当ξ>1 时系统为过阻尼状态，无振荡且响应时间随ξ的增大而增大。

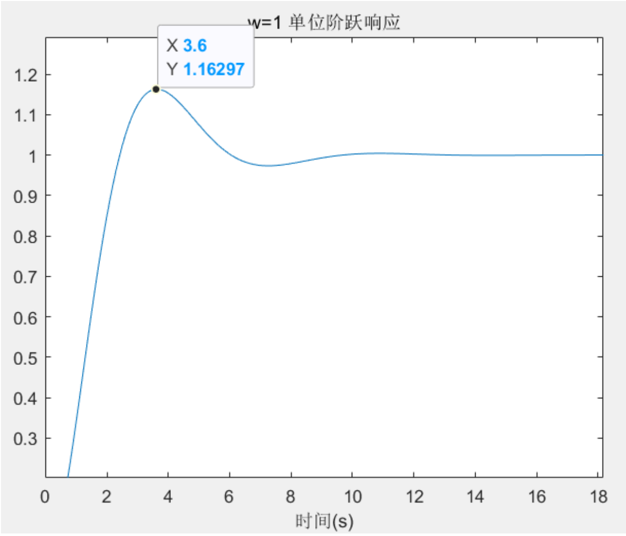



图 4.11 $w_n$=1 时的单位阶跃响应曲线

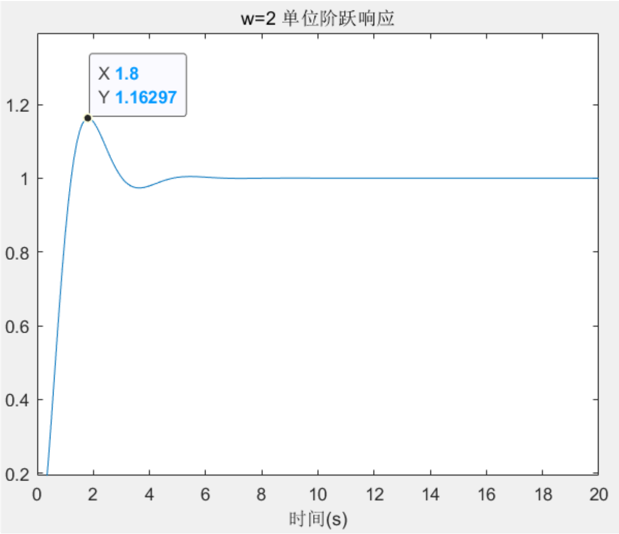



图 4.12 $w_n$=2 时的单位阶跃响应曲线

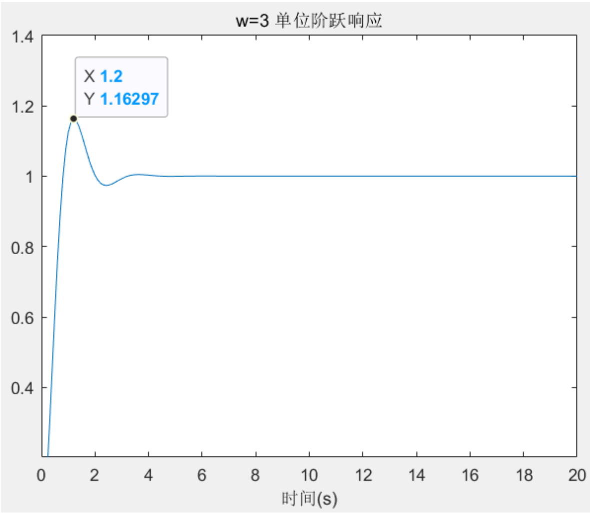



图 4.13 $w_n$=3 时的单位阶跃响应曲线

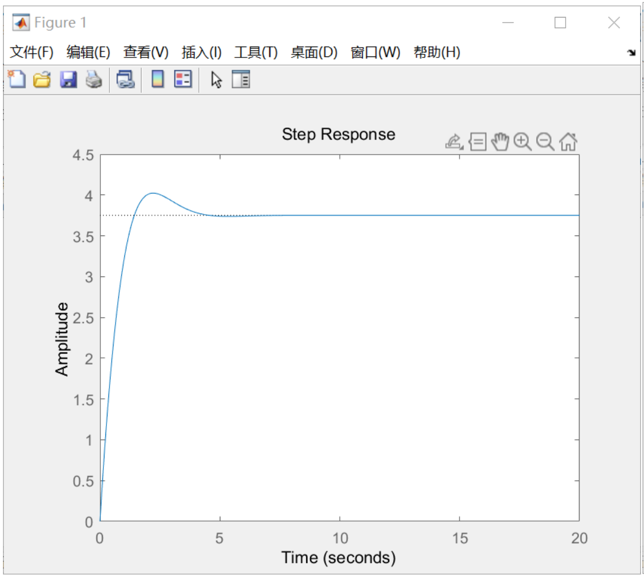
**分析：**

由上图可知无阻尼自然振荡角频率 wn 与系统的响应时间等参数有关，wn 越大，系统的峰值时间短，振荡频率越高，响应时间越短。但可以发现 wn 变化时最大超调量恒为 16.3%，因此 wn 与系统的最大超调量无关。

**实验 3. 代码：**

```
%% problem 3

num1 = [5 25 30];

den1 = [1 6 10 8];

[A2, B2, C2, D2] = tf2ss(num1, den1);

sys = ss(A2,B2,C2,D2);
```

```
t = 0:0.1:20;
% 单位阶跃
y_step = step(sys, t);
% 单位脉冲
y_impulse = impulse(sys, t);
% 零输入响应
x0 = [1;1;-1];
y_zeroInput = initial(sys, x0, t);
% plot(t, y_step);
plot(t, y_impulse);
```



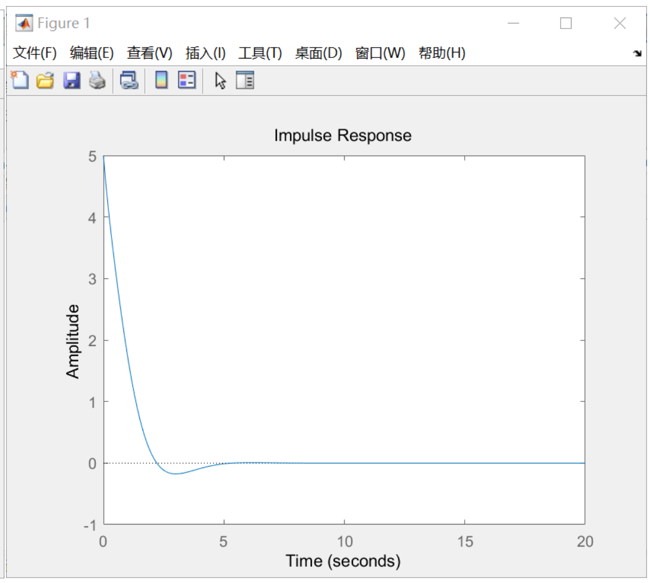




图 4.14 单位阶跃响应曲线　图 4.15 单位脉冲响应曲线

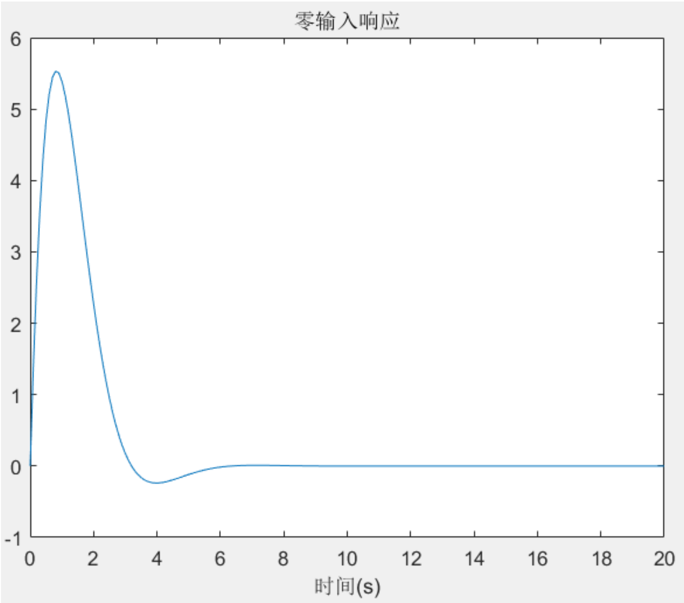



图 4.15 零输入响应曲线

**分析：**

该三阶系统的初始状态为 x=[1 1 -1]，由理论知识可知系统的响应函数可视为零输入响应与零状态响应的叠加，因此绘制函数时采用了这种方式确定 y 值，由图可知系统的初始状态不变时，输出可视为原本的零状态响应又叠加了一个固定的零输入响应，曲线趋势与理论一致。

## 五、 实验心得与体会

通过本次的实验，再次感受了 matlab 函数和 simulink 仿真功能的强大之处，通过探究函数的使用和 simulink 的部分功能，熟悉了系统零输入响应与零状态响应的关系。在实验过程中，通过观测波形分析了二阶系统的阻尼比 ξ 和自然角频率 wn 对系统性能的影响，进一步深化了对控制系统的认识。