

东南大学微波与射频电路实验

实 验 报 告

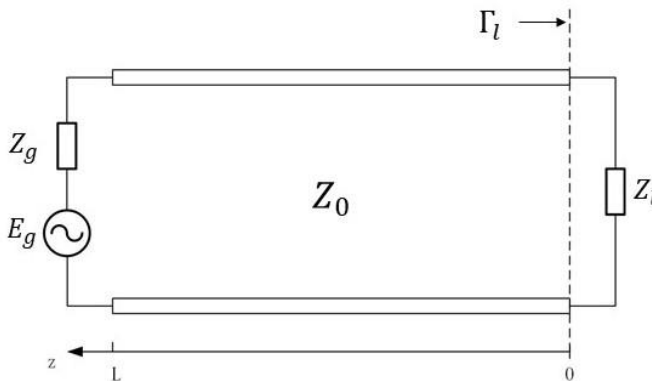
学号：04022212 姓名：钟源 2024 年 10 月 19 日

实验一 传输线特性的计算机仿真分析

一、实验目的

掌握传输线端接不同负载时的工作状态分析。利用传输线参量的基本公式，使用 matlab 软件进行编程分析，并作图输出。

二、实验原理



已知无耗传输线终端负载为 Z_l ，激励源 E_g ，激励源内阻 Z_g ，假定坐标原点在负载处，正方向从负载指向激励源。传输线特性阻抗为 Z_0 ，传播常数为 β ，长度为 L ，请写出以下公式（公式表达式无需完全代入）

1. 终端反射系数表达式

$$\Gamma_l = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0}$$

2. 传输线上反射系数分布表达式

$$\Gamma(z) = \Gamma_L e^{-j2\beta z} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} e^{-j2\beta z}$$

3. 传输线上输入阻抗分布表达式

$$Z_{in}(z) = Z_0 \frac{1 + \Gamma(z)}{1 - \Gamma(z)} = Z_0 \frac{Z_L \cos(\beta z) + jZ_0 \sin(\beta z)}{Z_0 \cos(\beta z) + jZ_L \sin(\beta z)}$$

4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗表达式

$$\Gamma(L) = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} e^{-j2\beta L}$$

$$Z_{in}(L) = Z_0 \frac{Z_L \cos(\beta L) + jZ_0 \sin(\beta L)}{Z_0 \cos(\beta L) + jZ_L \sin(\beta L)}$$

5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压表达式

$$V = V_g \frac{Z_{in}(L)}{Z_{in}(L) + Z_g}$$

$$I = \frac{V}{Z_{in}(L)}$$

$$V_{inc} = \frac{V + IZ}{2}$$

6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压表达式

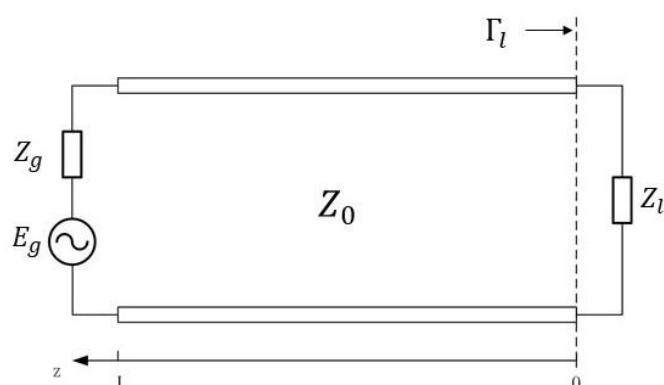
$$A_i = V_{inc} e^{-j\beta L}$$

7. 传输线上电压和电流分布表达式

$$V(z) = A_i e^{j\beta z} (1 + \Gamma(z))$$

$$I(z) = \frac{A_i e^{j\beta z} (1 - \Gamma(z))}{Z_0}$$

三、实验内容



实验任务：已知 $E_g = 2\text{ V}$ ， $Z_g = Z_0 = 50\ \Omega$ ， $Z_l = r + jX$ ，传输线长度 L 为中心频率上的 1.5 个波长。传输线为无耗均匀传输线。负载为如下取值

- 1) $r=50, x=0$;
- 2) $r=0, x=0$;
- 3) $r=1000, x=1000$;
- 4) $r=0, x=10$;
- 5) $r=25, x=25$

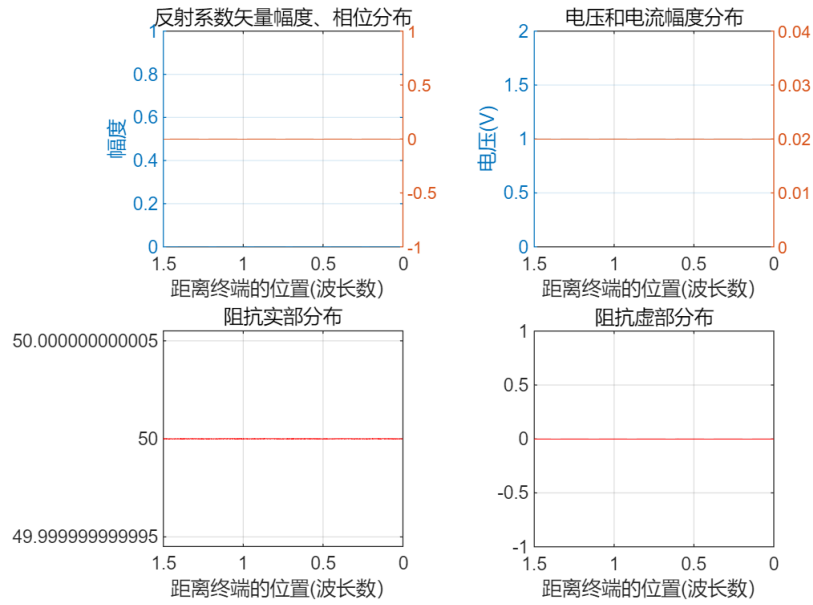
1.利用 matlab 软件，计算传输线上电压反射系数的幅度、相位随位置变化的分布，并绘制直角坐标图（位置可对波长进行归一化）。

2.利用 matlab 软件，计算坐标原点处入射波电压的幅度，在此基础上仿真并绘制传输线上电压和电流幅度随位置变化的直角坐标图（位置可对波长进行归一化）；

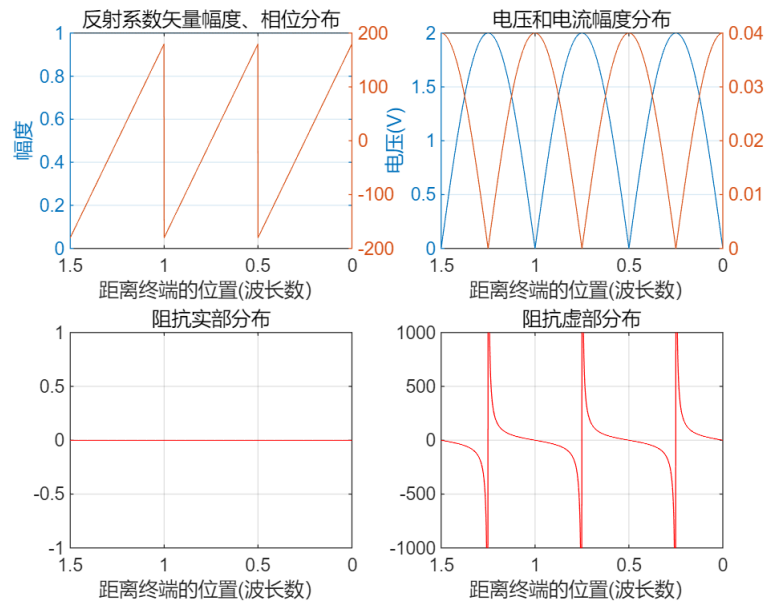
3.利用 matlab 软件，计算传输线上输入阻抗的分布，在此基础上仿真并绘制传输线上输入阻抗的实部和虚部随位置变化的直角坐标图（位置可对波长进行归一化）。

解答：

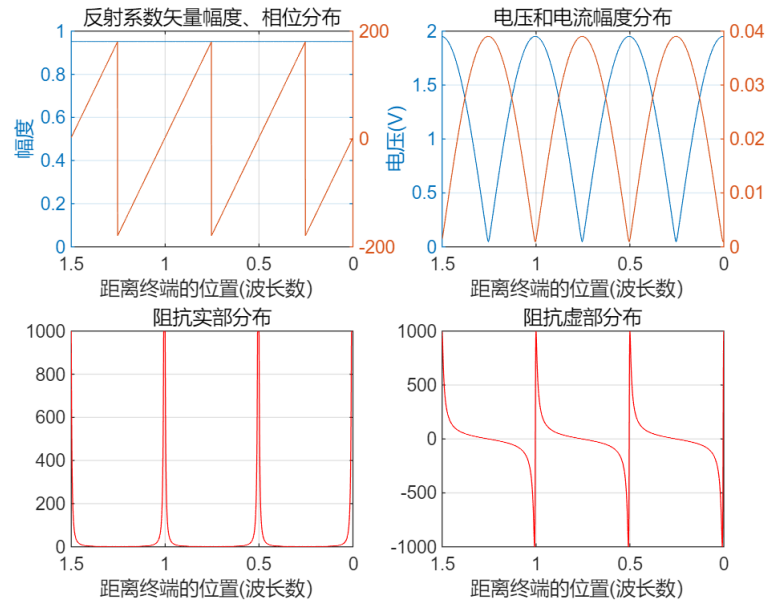
- 1) $r=50, x=0$;



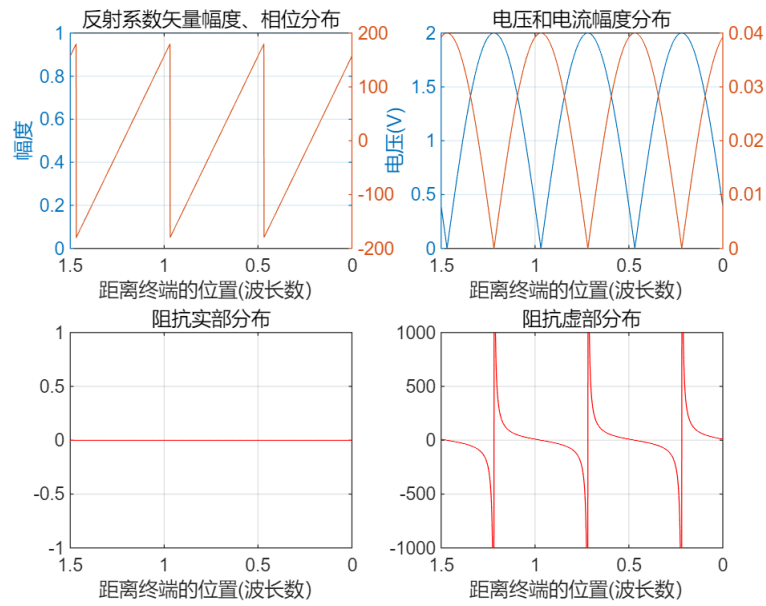
2) $r=0, x=0$:



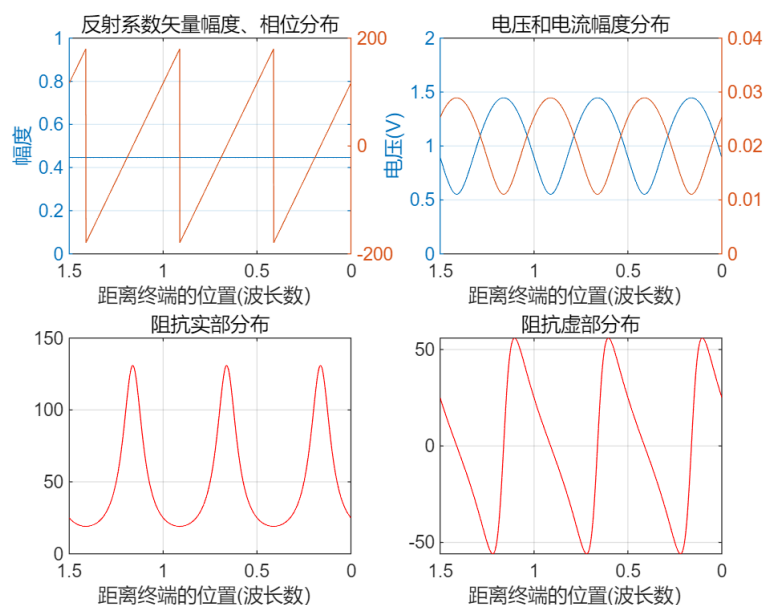
3) $r=1000, x=1000$:



4) $r=0, x=10$:



5) $r=25, x=25$:



四、实验结果分析与总结

1) $r=50, x=0$ 时，负载与传输线的特性阻抗相匹配

①行波状态：

当负载阻抗与传输线的特性阻抗相等时，输入端和输出端的信号可以无反射地传输，这种情况下传输线工作在行波状态。

②反射系数：

当负载阻抗等于特性阻抗时，反射系数为 0，表示没有反射波产生。

③电流电压相等：

在传输线的每一点上，电压和电流的幅值和相位都是恒定的，即沿线的电压和电流分布不发生变化。

④输入阻抗一致：

由于反射系数为 0，输入阻抗在传输线的各个位置处处相等，且与负载相同。这表明在传输线的任意位置，输入阻抗与负载阻抗保持一致。

2) $r=0, x=0$ 时，传输线终端短路，传输线工作于纯驻波状态

①反射系数：

在短路条件下，反射系数的模值为 1，表示所有的入射波都被完全反射。相位从 $-\pi$ 开始均匀变化。

②驻波状态:

在短路终端，传输线形成纯驻波状态。

③波节与波腹:

电压波的波节与电流波的波腹交替出现。由于电压波和电流波的相位差为 90° ，它们的交替出现间隔为四分之一波长。

④输入阻抗:

由于短路条件，传输线上任何位置的输入阻抗的实部始终为 0。虚部则随着位置变化呈现出周期性变化，其周期为半个波长。

3) $r=1000, x=1000$ 时，传输线工作在行驻波状态

①反射系数:

反射系数 (Γ) 模值小于 1，传输线中存在一定比例的反射信号。反射系数的相位沿着传输线均匀变化，反映了行波和驻波相互作用的特点。

②电压、电流波形:

波腹与波节点：在行驻波状态下，电压、电流波动表现为波腹和波节交替出现。波腹点的值小于 2 意味着在特定位置电压的最大值未达到理论上的双倍电压，这通常是由于反射的存在。波腹和波节之间的间隔为四分之一波长

③阻抗变化:

传输线的输入阻抗随着沿线位置的变化而变化，周期为半个波长。阻抗的实部和虚部绝对值的最大值与最小值差异明显。

4) $r=0, x=10$ 时，传输线的负载为纯电抗，且工作在纯驻波状态下

①反射系数:

反射系数的模值为 1，表明在负载端完全反射，没有能量被吸收。

②电压和电流波动:

在传输线上，电压波腹和波节交替出现。由于负载为感性负载，电压波的波腹出现在离负载较近的地方，而电流波则在波节位置达到最大值。波腹和波节之间的间隔为四分之一波长。

③输入阻抗特性:

输入阻抗实部为 0，在负载为纯电抗的情况下，输入阻抗的实部为 0，意味着电压和电流的相位差为 90 度（电流滞后于电压）。

输入阻抗的虚部沿着传输线以半个波长为周期变化。

④谐振现象

在这种驻波状态下，传输线上会交替出现并联谐振点和串联谐振点。并联谐振点对应于电压波的波腹，而串联谐振点对应于电流波的波腹，间隔同样为四分之一波长。

5) $r=25, x=25$ 时，传输线工作于行驻波状态，

①反射系数：

模值小于 1，负载阻抗与传输线特性阻抗，反射系数的模值小于 1，大部分信号能够顺利传输而非被反射。由于负载的实部和虚部接近特性阻抗，反射系数的相位沿传输线均匀变化。

②电压波和电流波：

在行驻波状态下，电压和电流的波腹和波节交替出现，间隔为四分之一波长。电压波腹点值小于 2，电压的最大值受到一定的负载影响，未能达到理想状态。波节点值大于 0，说明在驻波条件下仍然存在一定的电压，可能是由于反射和传输线损耗引起的。

③阻抗变化：

阻抗沿传输线的变化以半个波长为周期。

6) 在 ($r=1000, x=1000$) 的情况下，由于反射系数接近 1，驻波比很大，导致电压、电流及阻抗的实部变化显著。而在 ($r=25, x=25$) 的情况下，反射系数较小，驻波现象不明显，电压、电流及阻抗的变化则相对平稳。

五、附件（程序清单）

```
clear;  
clc;
```


1) $r=50$, $x=0$:

```
%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%
Vg=2;
Z0=50;
Rg=50;
Zl=50+0*1i;

%%%%%%%%%%参数设置%%%%%%%%%%
ztp=0:0.001:1.5;% 位置步长
err=10^(-8);% 精度

%%%%%%%%%%公式%%%%%%%%%%
% 1. 终端反射系数
gamma0=(Zl-Z0)/(Zl+Z0);
% 2. 传输线上反射系数分布
gamma=gamma0*exp(-1i*4*pi*ztp);
% 3. 传输线上输入阻抗分布
Zin=Z0*(Zl*cos(2*pi*ztp)+1i*Z0*sin(2*pi*ztp))./(Z0*cos(2*pi*ztp)+1i*Zl*sin(2*pi*ztp));
% 4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗
gammaL=gamma0*exp(-1i*2*2*pi*1.5);
ZinL=Z0*(Zl*cos(2*pi*1.5)+1i*Z0*sin(2*pi*1.5))./(Z0*cos(2*pi*1.5)+1i*Zl*sin(2*pi*1.5));
% 5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压
VL=Vg*ZinL/(Rg+ZinL);
CL=VL/ZinL;
Vinc=(VL+CL*Z0)/2;
% 6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压
A1=Vinc*exp(-1i*2*pi*1.5);
% 7. 传输线上电压和电流分布
v_ca0=A1*exp(1i*2*pi*ztp);%幅值
v_ca=v_ca0.*(1+gamma);
i_ca=v_ca0.*(1-gamma)/Z0;

%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%
figure(1);
%反射系数幅度和相位分布曲线
subplot(2,2,1);
ax = plotyy(ztp,abs(gamma),ztp,angle(gamma)*180/pi);
set(ax(1),'ylim',[0,1],'ytick',[0:0.2:1]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','幅度');
title('反射系数矢量幅度、相位分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%电压电流大小分布曲线
```

```

subplot(2,2,2);
ax = plotyy(ztp,abs(v_ca),ztp,abs(i_ca));
set(ax(1),'ylim',[0,Vg],'ytick',[0:Vg/4:Vg]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','电压(V)');
set(ax(2),'ylim',[0,Vg/Z0],'ytick',[0:Vg/4/Z0:Vg/Z0]);
title('电压和电流幅度分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗实部分布曲线
subplot(2,2,3);
realZin = max(-1000,min(1000,real(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
plot(ztp,realZin,'r');
title('阻抗实部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗虚部分布曲线
subplot(2,2,4);
imagZin = max(-1000,min(1000,imag(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
if(max(abs(imagZin))<err
    imagZin = imagZin*0;
end
plot(ztp,imagZin,'r');
title('阻抗虚部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
clear;
clc;

```

2) $r=0$, $x=0$:

```

%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%
Vg=2;
Z0=50;
Rg=50;
Zl=0+0*1i;

%%%%%%%%%%参数设置%%%%%%%%%%
ztp=0:0.001:1.5;% 位置步长
err=10^(-8);% 精度

%%%%%%%%%%公式%%%%%%%%%%
% 1. 终端反射系数
gamma0=(Zl-Z0)/(Zl+Z0);
% 2. 传输线上反射系数分布
gamma=gamma0*exp(-1i*4*pi*ztp);
% 3. 传输线上输入阻抗分布

```

```

Zin=Z0*(Zl*cos(2*pi*ztp)+1i*Z0*sin(2*pi*ztp))./(Z0*cos(2*pi*ztp)+1i*Zl
*sin(2*pi*ztp));
% 4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗
gammaL=gamma0*exp(-1i*2*2*pi*1.5);
ZinL=Z0*(Zl*cos(2*pi*1.5)+1i*Z0*sin(2*pi*1.5))/(Z0*cos(2*pi*1.5)+1i*Zl
*sin(2*pi*1.5));
% 5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压
VL=Vg*ZinL/(Rg+ZinL);
CL=VL/ZinL;
Vinc=(VL+CL*Z0)/2;
% 6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压
A1=Vinc*exp(-1i*2*pi*1.5);
% 7. 传输线上电压和电流分布
v_ca0=A1*exp(1i*2*pi*ztp);%幅值
v_ca=v_ca0.*(1+gamma);
i_ca=v_ca0.*(1-gamma)/Z0;

%%%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%%%
figure(1);
%反射系数幅度和相位分布曲线
subplot(2,2,1);
ax = plotyy(ztp,abs(gamma),ztp,angle(gamma)*180/pi);
set(ax(1),'ylim',[0,1],'ytick',[0:0.2:1]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','幅度');
title('反射系数矢量幅度、相位分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%电压电流大小分布曲线
subplot(2,2,2);
ax = plotyy(ztp,abs(v_ca),ztp,abs(i_ca));
set(ax(1),'ylim',[0,Vg],'ytick',[0:Vg/4:Vg]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','电压(V)');
set(ax(2),'ylim',[0,Vg/Z0],'ytick',[0:Vg/4/Z0:Vg/Z0]);
title('电压和电流幅度分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗实部分布曲线
subplot(2,2,3);
realZin = max(-1000,min(1000,real(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
plot(ztp,realZin,'r');
title('阻抗实部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗虚部分布曲线

```

```

subplot(2,2,4);
imagZin = max(-1000,min(1000,imag(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
if(max(abs(imagZin))<err
    imagZin = imagZin*0;
end
plot(ztp,imagZin,'r');
title('阻抗虚部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数) ');
grid on;
clear;
clc;

```

3) r=1000, x=1000:

```

%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%
Vg=2;
Z0=50;
Rg=50;
Zl=1000+1000*1i;

%%%%%%%%%%参数设置%%%%%%%%%%
ztp=0:0.001:1.5;% 位置步长
err=10^(-8);% 精度

%%%%%%%%%%公式%%%%%%%%%%
% 1. 终端反射系数
gamma0=(Zl-Z0)/(Zl+Z0);
% 2. 传输线上反射系数分布
gamma=gamma0*exp(-1i*4*pi*ztp);
% 3. 传输线上输入阻抗分布
Zin=Z0*(Zl*cos(2*pi*ztp)+1i*Z0*sin(2*pi*ztp))./(Z0*cos(2*pi*ztp)+1i*Zl*sin(2*pi*ztp));
% 4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗
gammaL=gamma0*exp(-1i*2*2*pi*1.5);
ZinL=Z0*(Zl*cos(2*pi*1.5)+1i*Z0*sin(2*pi*1.5))./(Z0*cos(2*pi*1.5)+1i*Zl*sin(2*pi*1.5));
% 5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压
VL=Vg*ZinL/(Rg+ZinL);
CL=VL/ZinL;
Vinc=(VL+CL*Z0)/2;
% 6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压
A1=Vinc*exp(-1i*2*pi*1.5);
% 7. 传输线上电压和电流分布
v_ca0=A1*exp(1i*2*pi*ztp);%幅值
v_ca=v_ca0.*(1+gamma);
i_ca=v_ca0.*(1-gamma)/Z0;

```

```

%%%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%%%
figure(1);
%反射系数幅度和相位分布曲线
subplot(2,2,1);
ax = plotyy(ztp,abs(gamma),ztp,angle(gamma)*180/pi);
set(ax(1),'ylim',[0,1],'ytick',[0:0.2:1]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','幅度');
title('反射系数矢量幅度、相位分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%电压电流大小分布曲线
subplot(2,2,2);
ax = plotyy(ztp,abs(v_ca),ztp,abs(i_ca));
set(ax(1),'ylim',[0,Vg],'ytick',[0:Vg/4:Vg]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','电压(V)');
set(ax(2),'ylim',[0,Vg/Z0],'ytick',[0:Vg/4/Z0:Vg/Z0]);
title('电压和电流幅度分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗实部分布曲线
subplot(2,2,3);
realZin = max(-1000,min(1000,real(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
plot(ztp,realZin,'r');
title('阻抗实部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗虚部分布曲线
subplot(2,2,4);
imagZin = max(-1000,min(1000,imag(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
if(max(abs(imagZin)))<err
    imagZin = imagZin*0;
end
plot(ztp,imagZin,'r');
title('阻抗虚部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
clear;
clc;

```

4) $r=0$, $x=10$:

```

%%%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%%%
Vg=2;
Z0=50;

```

```

Rg=50;
Zl=0+10*1i;

%%%%%%%%%%参数设置%%%%%%%%%%
ztp=0:0.001:1.5;% 位置步长
err=10^(-8);% 精度

%%%%%%%%%%公式%%%%%%%%%%
% 1. 终端反射系数
gamma0=(Zl-Z0)/(Zl+Z0);
% 2. 传输线上反射系数分布
gamma=gamma0*exp(-1i*4*pi*ztp);
% 3. 传输线上输入阻抗分布
Zin=Z0*(Zl*cos(2*pi*ztp)+1i*Z0*sin(2*pi*ztp))./(Z0*cos(2*pi*ztp)+1i*Zl*sin(2*pi*ztp));
% 4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗
gammaL=gamma0*exp(-1i*2*2*pi*1.5);
ZinL=Z0*(Zl*cos(2*pi*1.5)+1i*Z0*sin(2*pi*1.5))./(Z0*cos(2*pi*1.5)+1i*Zl*sin(2*pi*1.5));
% 5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压
VL=Vg*ZinL/(Rg+ZinL);
CL=VL/ZinL;
Vinc=(VL+CL*Z0)/2;
% 6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压
A1=Vinc*exp(-1i*2*pi*1.5);
% 7. 传输线上电压和电流分布
v_ca0=A1*exp(1i*2*pi*ztp);%幅值
v_ca=v_ca0.*(1+gamma);
i_ca=v_ca0.*(1-gamma)/Z0;

%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%
figure(1);
%反射系数幅度和相位分布曲线
subplot(2,2,1);
ax = plotyy(ztp,abs(gamma),ztp,angle(gamma)*180/pi);
set(ax(1),'ylim',[0,1],'ytick',[0:0.2:1]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','幅度');
title('反射系数矢量幅度、相位分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%电压电流大小分布曲线
subplot(2,2,2);
ax = plotyy(ztp,abs(v_ca),ztp,abs(i_ca));
set(ax(1),'ylim',[0,Vg],'ytick',[0:Vg/4:Vg]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','电压(V)');
set(ax(2),'ylim',[0,Vg/Z0],'ytick',[0:Vg/4/Z0:Vg/Z0]);

```

```

title('电压和电流幅度分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗实部分布曲线
subplot(2,2,3);
realZin = max(-1000,min(1000,real(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
plot(ztp,realZin,'r');
title('阻抗实部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗虚部分布曲线
subplot(2,2,4);
imagZin = max(-1000,min(1000,imag(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
if(max(abs(imagZin))<err
    imagZin = imagZin*0;
end
plot(ztp,imagZin,'r');
title('阻抗虚部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
clear;
clc;

```

5) r=25, x=25:

```

%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%
Vg=2;
Z0=50;
Rg=50;
Zl=25+25*1i;

%%%%%%%%%%参数设置%%%%%%%%%%
ztp=0:0.001:1.5;% 位置步长
err=10^(-8);% 精度

%%%%%%%%%%公式%%%%%%%%%%
% 1. 终端反射系数
gamma0=(Zl-Z0)/(Zl+Z0);
% 2. 传输线上反射系数分布
gamma=gamma0*exp(-1i*4*pi*ztp);
% 3. 传输线上输入阻抗分布
Zin=Z0*(Zl*cos(2*pi*ztp)+1i*Z0*sin(2*pi*ztp))./(Z0*cos(2*pi*ztp)+1i*Zl*sin(2*pi*ztp));
% 4. 源端（即输入端）输入反射系数和输入阻抗
gammaL=gamma0*exp(-1i*2*2*pi*1.5);

```

```

ZinL=Z0*(Zl*cos(2*pi*1.5)+1i*Z0*sin(2*pi*1.5))/(Z0*cos(2*pi*1.5)+1i*Zl
*sin(2*pi*1.5));
% 5. 源端（即输入端）电压、电流和入射波电压
VL=Vg*ZinL/(Rg+ZinL);
CL=VL/ZinL;
Vinc=(VL+CL*Z0)/2;
% 6. 负载端（即坐标原点处）入射波电压
A1=Vinc*exp(-1i*2*pi*1.5);
% 7. 传输线上电压和电流分布
v_ca0=A1*exp(1i*2*pi*ztp);%幅值
v_ca=v_ca0.*(1+gamma);
i_ca=v_ca0.*(1-gamma)/Z0;

%%%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%%%
figure(1);
%反射系数幅度和相位分布曲线
subplot(2,2,1);
ax = plotyy(ztp,abs(gamma),ztp,angle(gamma)*180/pi);
set(ax(1),'ylim',[0,1],'ytick',[0:0.2:1]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','幅度');
title('反射系数矢量幅度、相位分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%电压电流大小分布曲线
subplot(2,2,2);
ax = plotyy(ztp,abs(v_ca),ztp,abs(i_ca));
set(ax(1),'ylim',[0,Vg],'ytick',[0:Vg/4:Vg]);
set(get(ax(1),'Ylabel'),'string','电压(V)');
set(ax(2),'ylim',[0,Vg/Z0],'ytick',[0:Vg/4/Z0:Vg/Z0]);
title('电压和电流幅度分布');
set(ax,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗实部分布曲线
subplot(2,2,3);
realZin = max(-1000,min(1000,real(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
plot(ztp,realZin,'r');
title('阻抗实部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数)');
grid on;
%阻抗虚部分布曲线
subplot(2,2,4);
imagZin = max(-1000,min(1000,imag(Zin))); %限制大小在+/-1000 以内
if(max(abs(imagZin))<err
    imagZin = imagZin*0;

```



```
end
plot(ztp,imagZin,'r');
title('阻抗虚部分布');
set(gca,'Xdir','reverse'); %反转横轴
xlabel('距离终端的位置(波长数) ');
grid on;
```