

# **随机信号分析上机作业**

**姓名：庆同**

**学号：913104210123**

**学院：电子工程与光电技术学院**

**指导教师：顾红**

## 1.1 仿真题目

3. ( 末尾 3、7 学号做 ( 4 人 ) ) 仿真线性调频连续波雷达的信号处理。设线性调频带宽为各学生学号末两位数，单位为 MHz，时宽为  $200\mu\text{s}$ ，雷达载频为 10GHz，输入噪声为高斯白噪声。目标模拟分单目标和双目标两种情况，目标回波输入信噪比可变 (  $-35\text{dB} \sim 10\text{dB}$  )，目标速度可变 (  $0 \sim 1000\text{m/s}$  )，目标幅度可变 (  $1 \sim 100$  )，目标距离可变 (  $0 \sim 10000\text{m}$  )，相干积累总时宽不大于 10ms。单目标时，给出回波视频表达式；脉压和 FFT 后的表达式；仿真 LFM 信号自相关函数，说明第一旁瓣高度，4dB 输出脉冲宽度；给出脉压和 FFT 后的输出图形；通过仿真说明各级处理的增益，与各级时宽和带宽的关系；仿真说明脉压时多卜勒敏感现象和多卜勒容限及其性能损失( 脉压主旁比与多卜勒的曲线 )。双目标时，仿真出大目标旁瓣盖掩盖小目标的情况；仿真出距离分辨和速度分辨的情况。

## 1.2 仿真基本参数

时宽： $T=200\text{ us}$ ；

调频带宽： $B=23\text{Mhz}$ ；

雷达载频： $f_c=10\text{Ghz}$ ；

重复周期： $\text{PRI}=200\text{us}$ ；

相干累积次数： $n=30$ ；

## 2.1 问题的分析

### 2.1.1 回波的视频表达式

回波的视频表达式为：

$$Stecho = A * \exp(j * 2\pi * (K * \frac{t_d^2}{2} + f_d * t_d))$$

其中：

$$K = B/T, t_d = t - \frac{2*R}{c}, f_d = \frac{2*v*f_c}{c}$$

### 2.2.2 脉压和 FFT 后的表达式

脉压表达式为：

$$Stecho(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} Stecho(t) * e^{-j\omega t} dt;$$

$$Stw(\omega) = C * Stecho(\omega) * Stecho^*(\omega);$$

$$Stw(t) = C * \frac{1}{2\pi} * \int_{-\infty}^{+\infty} Stw(\omega) * e^{j\omega t} d\omega;$$

脉冲压缩的信噪比增益理论值为时宽带宽积：

$$G = 10 * \log_{10}(T * B) = 36.63 \text{ db}$$

FFT 后的表达式：

$$FFT\_out = \int_{-\infty}^{+\infty} Stecho(t) * e^{-j\omega t} dt$$

FFT 对信噪比的理论增益为 FFT 计算点数 N ,由于相干积累总时宽不超过

10ms , 即：

$$N \leq 10^{-3} / (200 * 10^{-6}) = 50$$

取 N 为 30 , 所以 FFT 的理论增益为 14.7db;

### 2.2.3 多普勒容限

随多普勒频率增大，脉压后主旁瓣比基本不变，线性调频连续波多普勒容限很大。

### 2.2.4 多普勒敏感

回波信号通过一个匹配滤波器就能对所有多普勒信号同时进行压缩，所以线性调频信号是多卜勒不敏感信号。

### 2.2.5 距离分辨率

$$\Delta R = \frac{c}{2 * B} = 6.52m$$

### 2.2.6 速度分辨率

$$V = \frac{\lambda}{2 * n * T} \text{ 因此速度分辨率为 } 2.5m/s。$$

## 3.1 单目标的测定

### 3.1.1 单目标参数

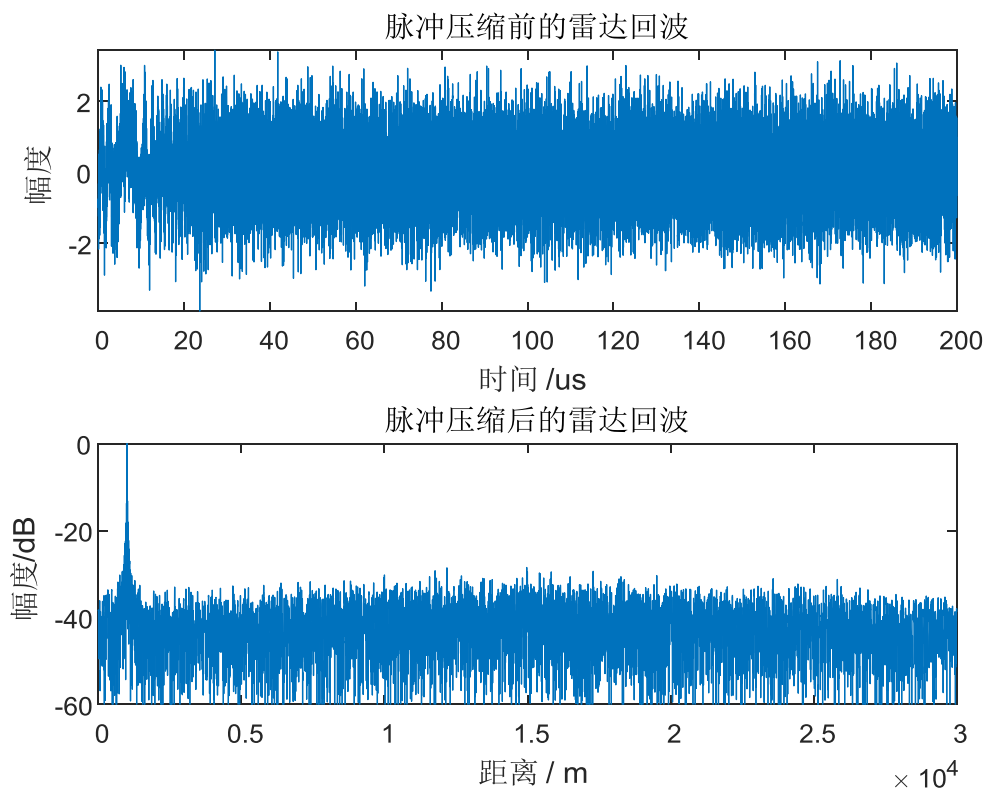
1.回波幅度： 1

2.距离：1000m

3.速度：10m/s

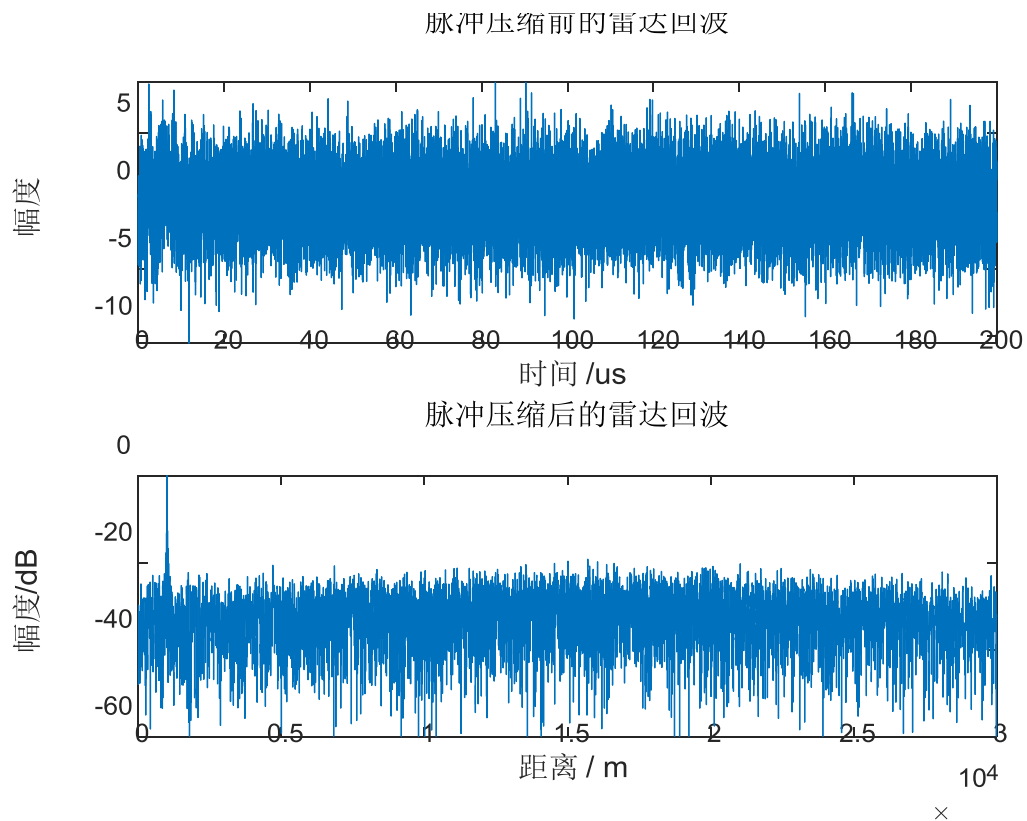
### 3.1.2 不同信噪比下的回波信号

( 1 ) 输入信噪比为 0db



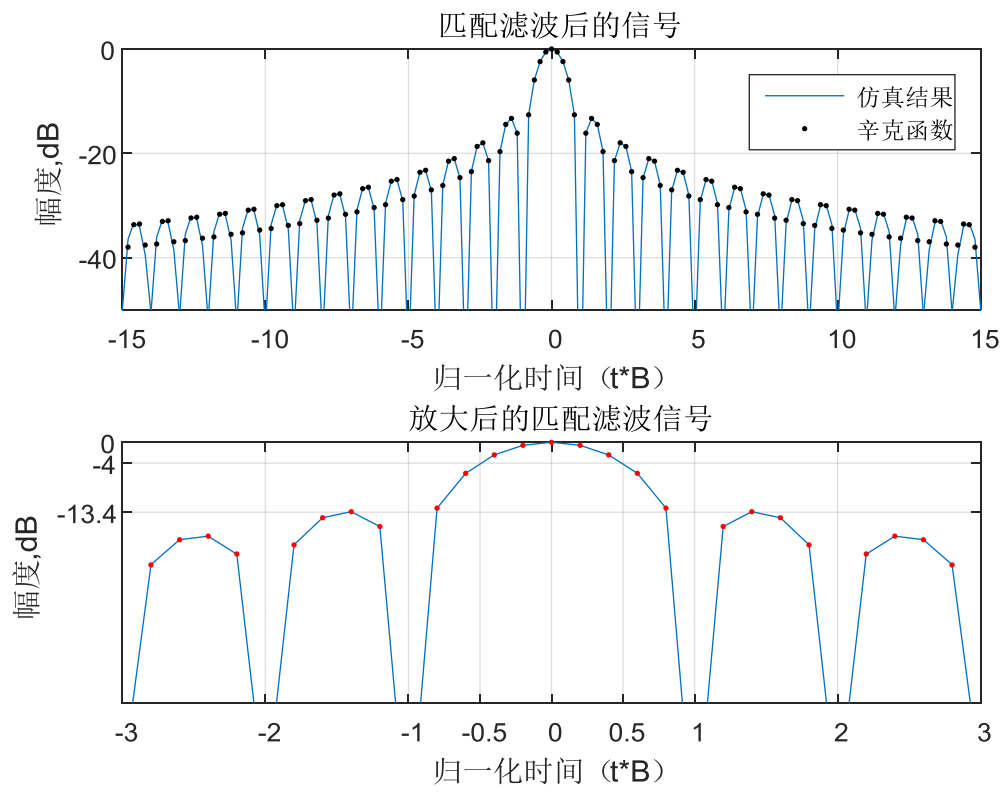
计算出信噪比 40.2866db 左右 ,由于输入信噪比为 0db ,时宽带宽积为 39.6db ,  
所以仿真结果较为吻合。

( 2 ) 输入信噪比为-10db



计算出信噪比 37.3850 ,由于输入信噪比为-10db ,时宽带宽积为 39.6db ,理论  
带宽值为 29.6db ,相差 6 倍。

### 3.1.3 第一旁瓣高度和 4dB 输出脉冲宽度

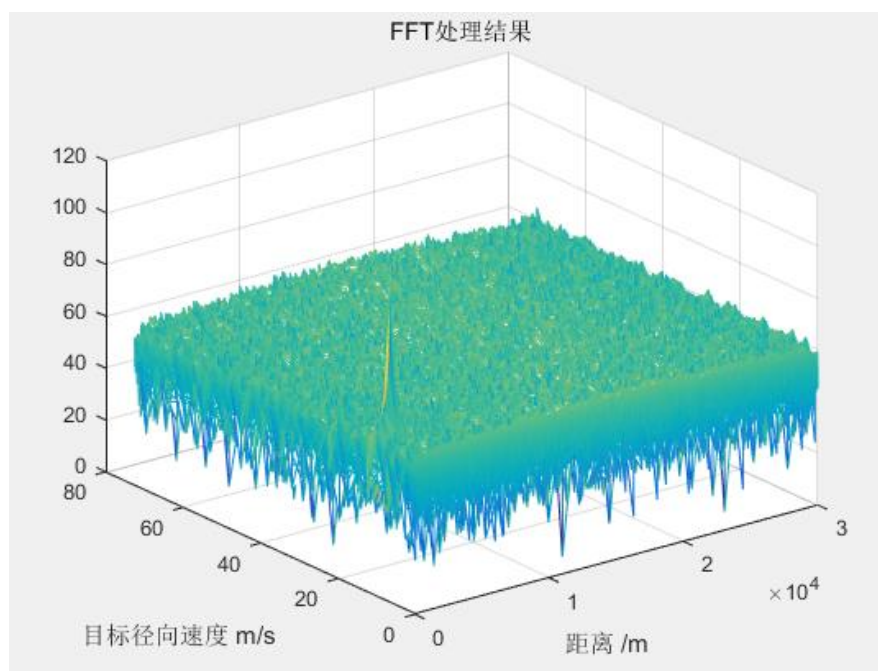


由图可知第一旁瓣高度为： -13.4db

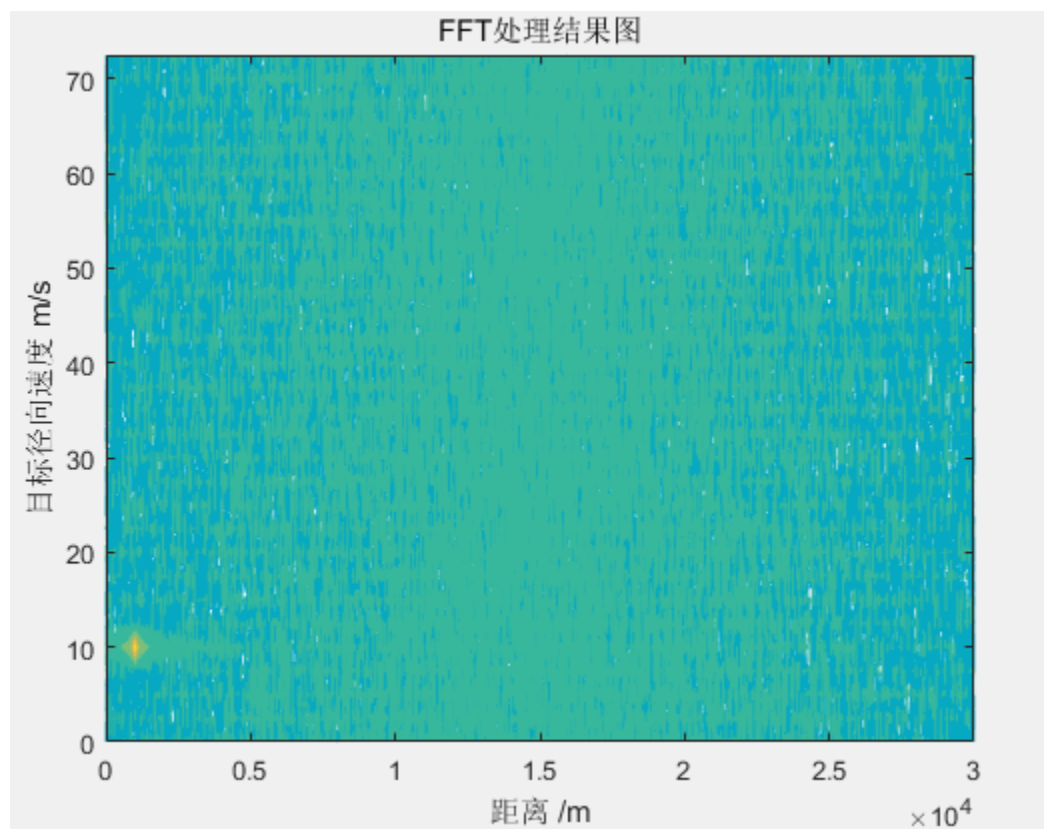
4db 输出脉冲宽度：  $1/B=0.04\mu s$

### 3.1.4 脉冲压缩后数据重排

### 3.1.5 FFT 处理后的结果



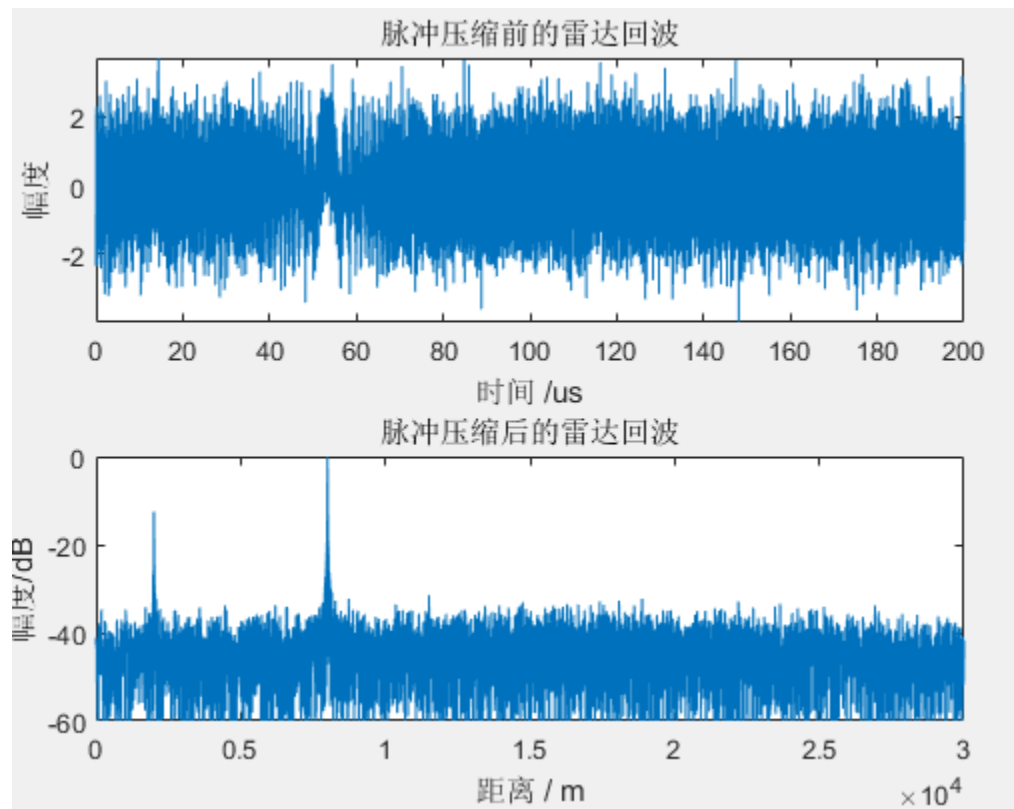




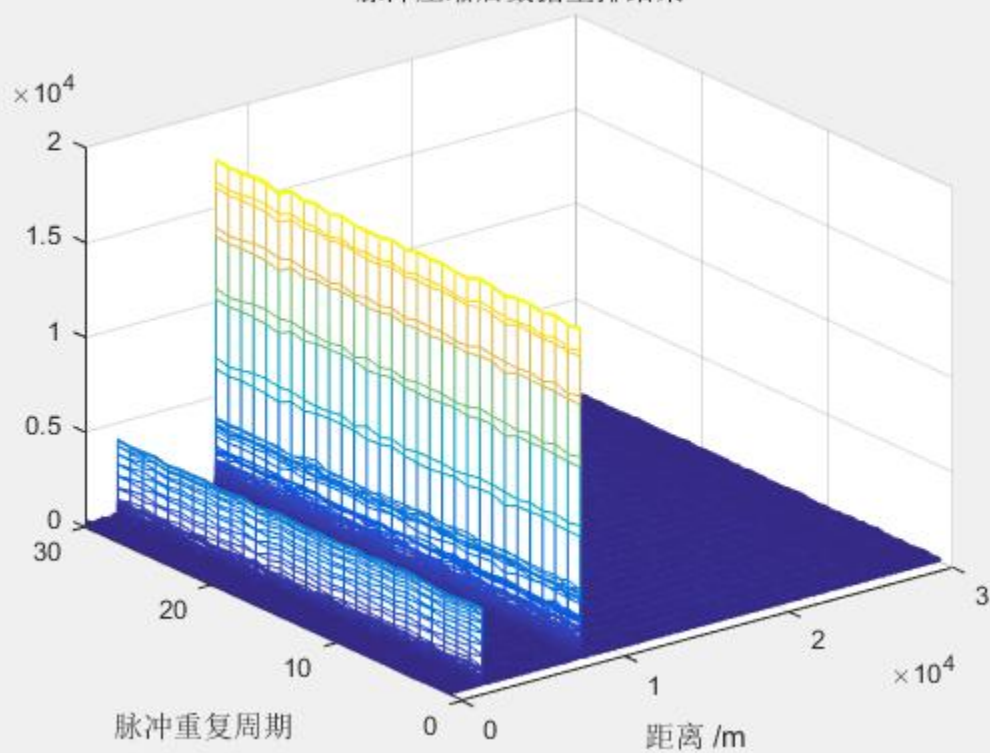
### 3.2.1 仿真多普勒容限

## 4.1 双目标的测定方法

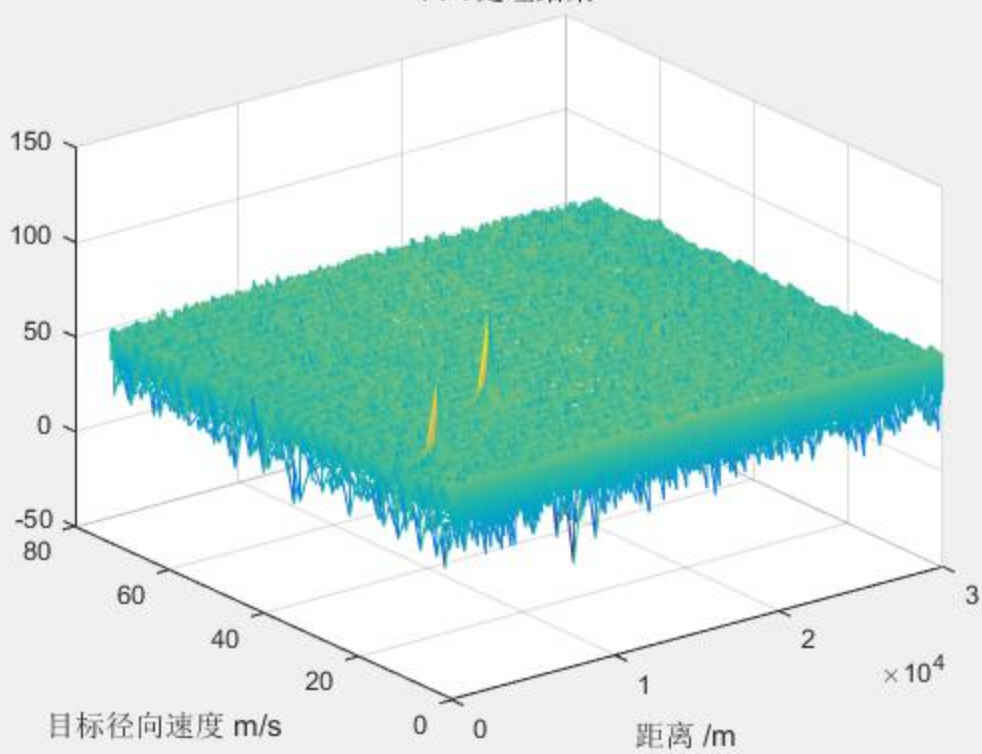
在双目标时设立归一化幅度 $cita = [0.1, 1]$ ，目标径向速度为 $v = [10, 20]$ ，目标距离为 $R = [2000, 8000]$ ，

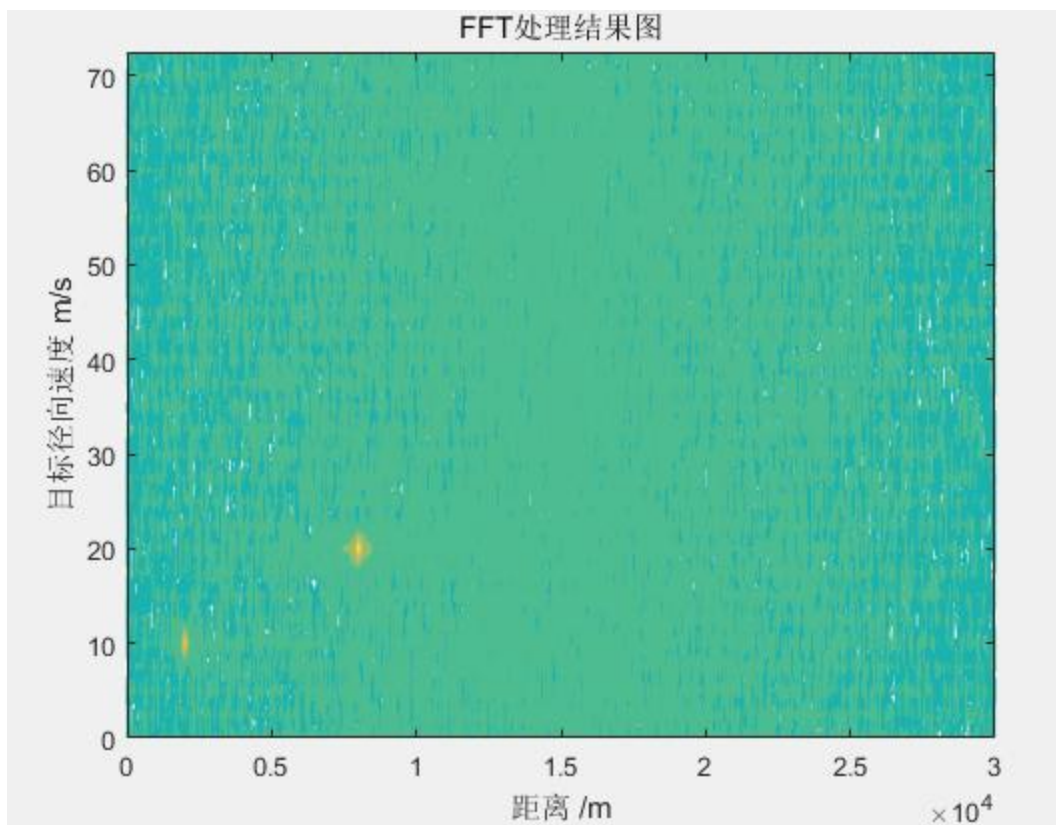


脉冲压缩后数据重排结果



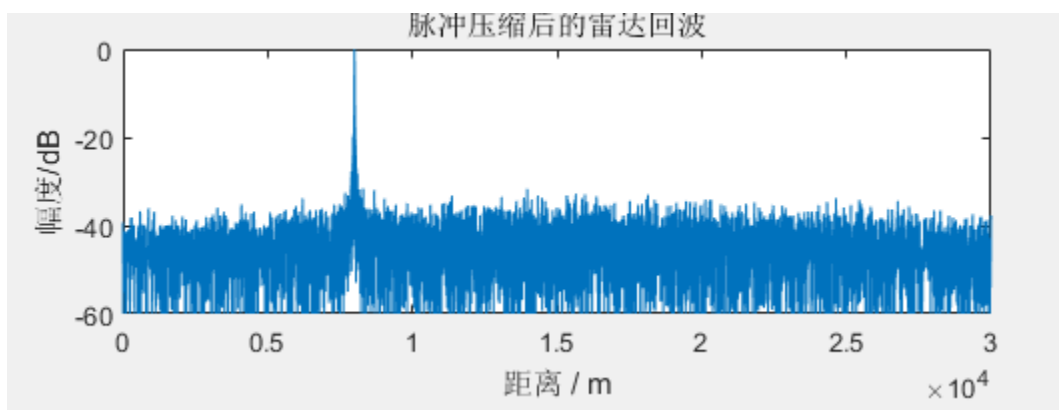
FFT处理结果





## 4.2 大目标掩盖小目标

两目标的归一化幅度为  $\text{cita} = [1, 100]$ ，距离和速度分别为  $\mathbf{v} = [20, 20]$ ， $\mathbf{R} = [7950, 8000]$ 。脉压后回波信号如下

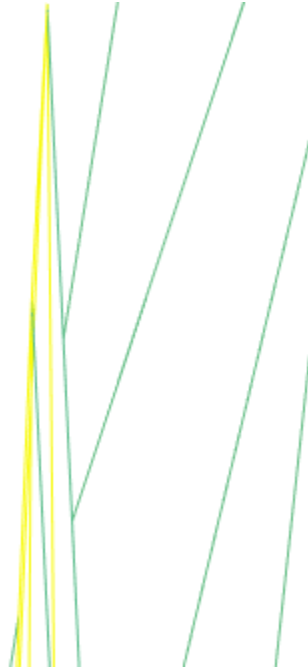


可见已经无法分辨出两个信号，大目标的旁瓣掩盖了小目标的主瓣。

### 4.3 仿真距离分辨率

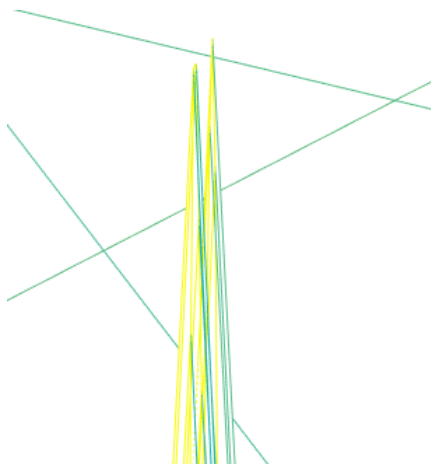
理论距离分辨率为 6.52m

( 1 ) 在 R[7995 8000]的情况下，结果如图



已经不能分辨两种信号。

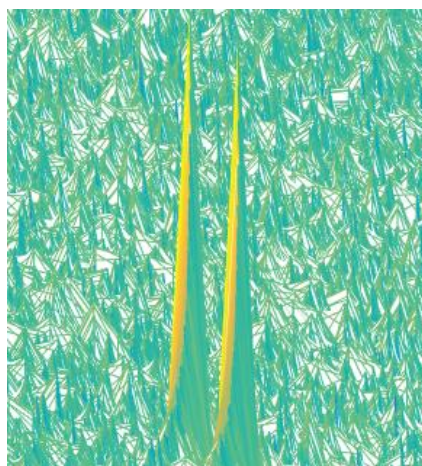
( 2 ) 在 R[7990 8000]的情况下结果如图



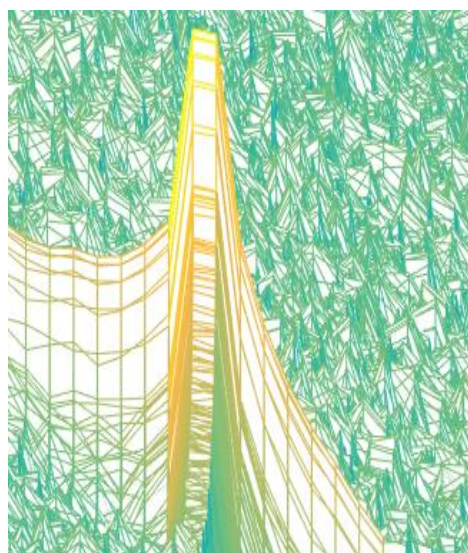
由图可视在 10m 的距离下，可以分辨出两个信号。

## 4.4 速度分辨率

- (1) 在速度  $v$ 【15 20】，归一化【1,1】，距离  $R$ [8000 8000] 的情况下输出结果如图所示：



- (2) 在速度  $v$ 【18 20】，归一化【1,1】，距离  $R$ [8000 8000] 的情况下输出结果如图所示：



结果仅为一个峰，在速度差 $<2.5\text{m/s}$  时两信号无法分辨。

## 5.1 程序主体

```
%=====
%²îÊýÉè¶
close all
clear all
T=200e-6; %Ê±í
B=23e6; %İĐÔμ÷Æμ´øí
K=B/T;
fc=10e9; %À×´iÔØÆμ
Fs=5*B;Ts=1/Fs; %²ÉÑùÆμÂÊ°í²ÉÑùÖÜÆÚ
N=T/Ts; %Ã¿,ö·çÉäÖÜÆÚ²ÉÑùμãÊý
n=30;
v=10; %speed
c=3e8;
R=1000; %¾àÀë
Rm=T*c/2; %À×´i×i´ó²ãÃ¿¾àÀë
fd=666.7 %¶àÆÖÀÖÆμÒÆ
cita=1; %μ¥Ã¿±êÇé¿ö
Nfft=2^nextpow2(N+N-1); %FFTμãÊý¾Æã
t=linspace(0,T,N);
St=exp(j*pi*K*t.^2); %²úÉúÖ»öÖÜÆÚμÃİĐÔμ÷Æμ²´ĐÂ°Ã

SNR=input('please input SNR:');

%=====Ê«Ã¿±ê=====
%cita = [1,1]; %% ¿,öÃ¿±êμÃ¹éÖ»´·ù¶È
% v = [18,20]; %Ã¿±ê¶¶İòÈÙ¶È m/s
% fd = 2*v/c*fc; %¶ÖÓ!μ¶¶àÆÖÀÖÆμÂÊ
% R=[8000,8000]; %¿,öÃ¿±ê¾àÀë

%=====
Adata = zeros(n, N); % Á½,ö¾ÖÖÓÃÀ´´æ´ç30öÖÜÆÚÃÚ
Bdata = zeros(n, N); % μÃ»Ø²!ĐÂ°Ã°íÃöÑ¹°óμÃĐÂ°Ã
Cdata=zeros(1,n); %ÓÃÀ´´ç´æÖ÷°ê·ãÖμ
M=length(R);
A=sqrt(cita);
%=====

for i = 1:n

%-----¹¹ÔiÃ¿±ê»Ø²´
td=ones(M,1)*t-2*R'/c*ones(1,N);
fdc=fd'*ones(1,N);
```

```

Stecho=A*(exp(j*pi*K*td.^2 + j*2*pi*fdc*i*T)); %Ã¿±ê»Ø² ``ÊÓÆµ±í´iÊ½
Stecho = awgn(Stecho,SNR,'measured'); %¼ÓÊë,ßÊ¹°×ÔëÊù
Adata(i,:) = Stecho(:); %´æ´¿µ±¿°Ö¿»Ø² ``

Swecho=fft(Stecho,Nfft); %»Ø² ``fft
t0=linspace(-T/2,T/2,N);
St=exp(j*pi*K*t0.^2);
Sw=fft(St,Nfft);
Stmy=fftshift(ifft(Swecho.*conj(Sw))); %ÆµÓÒĬà³Ě
%=====
N0=(Nfft-N)/2;

ZZ=Stmy(N0:N0+N-1);
Bdata(i,:) = ZZ(:); %%´æ´¿µ±¿°PRI ÆÚ¼äÄö³ăŃ¹ĚöµĂ½á¹û

Cdata(1,i)=max(abs(ZZ));
zz=abs(ZZ);
zz=zz/max(zz);
zz=20*log10(zz);
zmax(1,i)=max(zz);
zmean(1,i)=mean(zz);

st=exp(j*pi*K*t0.^2); %µ÷ÆµĐĂ°Ă±í´iÊ½
Ht=exp(-j*pi*K*t0.^2); %ÆŸĂäÂĚ² ``Æ÷
Stme=conv(st,Ht); %ĐĂ°Ă¼-¹ŸÆŸĂäÂĚ² ``Æ÷
figure(3)
subplot(211)
L=2*N-1;
t1=linspace(-T,T,L);
Z=abs(Stme);
Z=Z/max(Z); %¹éÒ»»¯
Z=20*log10(Z+1e-6);
Z1=abs(sinc(B.*t1)); %ĐĂ¿Ě°ĚŸ
Z1=20*log10(Z1+1e-6);
t1=t1*B;
plot(t1,Z,t1,Z1,'k.');
```

axis([-15,15,-50,inf]);grid on;

```

legend('·ÄŒ½á¹û','ĐĂ¿Ě°ĚŸ');xlabel('¹éÒ»»¯Ě±¼äĚ ``t*BĚ©');ylabel('·ùŒĚ,dB');
```

```

title('ÆŸĂäÂĚ² ``óµĂĐĂ°Ă');
```

```

subplot(212) %·Ă´ó·ÄŒ½á¹û
N0=3*Fs/B;
```



```

t2=-N0*Ts:Ts:N0*Ts;
t2=B*t2;
plot(t2,Z(N-N0:N+N0),t2,Z1(N-N0:N+N0),'r. ');
axis([-inf,inf,-50,inf]);grid on;

set(gca,'Ytick',[-13.4,-4,0],'Xtick',[-3,-2,-1,-0.5,0,0.5,1,2,3]);xla
bel('¹éÒ»»Ê±¼äƒ¨t*Bƒ©');ylabel('·ùŒÈ,dB');
title('·Ä´ó°óµÄÆŸÄäÊ²¨ÐÅ°Å');
end
figure(1)
subplot(211)
plot(t*1e6,real(Stecho));
axis tight;
xlabel('Ê±¼ä /us');ylabel('·ùŒÈ')
title('Äö³åÑ¹ÊöÇ°µÄÄ×´ì»Ø²¨');
subplot(212)
plot(t*c/2,zz)
axis([0,Rm,-60,0]);%ÖâÀiÓÐîÊîâ
xlabel('¼àÄÊ / m');ylabel('·ùŒÈ/dB')
title('Äö³åÑ¹Êö°óµÄÄ×´ì»Ø²¨');
figure(2)
rbin = t*c/2;
pribin = 1:n;
mesh(rbin,pribin,abs(Bdata)); %%
xlabel('¼àÄÊ /m'); ylabel('Äö³åÖØ,´ÖÜÆÚ');
title('Äö³åÑ¹Êö°óÊŸ¼ŸÖØÄÄ¼á¹û');
%%----- FFT ´ìÄí-----
FFT_Output = fft(Bdata);
FFT_Outputdb=20*log10(abs(FFT_Output));
fds = 1/T;
doppler_bin = (0:n -1).*0.5*c/fc*fds/n; %
rbin = t*c/2;
figure(4)
mesh(rbin,doppler_bin,FFT_Outputdb);
xlabel('¼àÄÊ /m'); ylabel('Ä¿±ê¼ŒîòÊÜŒÈ m/s');
title('FFT´ìÄí¼á¹û');
figure(5)
contour(rbin,doppler_bin,FFT_Outputdb);
xlabel('¼àÄÊ /m'); ylabel('Ä¿±ê¼ŒîòÊÜŒÈ m/s');
title('FFT´ìÄí¼á¹ûí¼');

Zmax=mean(zmax);
Zmean=mean(zmean);
disp(Zmax-Zmean);

```

```
figure(6)
plot(500*(1:n),Cdata);
axis tight;
```