

波束形成与智能天线

1. 均匀线阵方向图

%8 阵元均匀线阵方向图，来波方向为 0 度

```
clc;
```

```
clear all;
```

```
close all;
```

```
imag=sqrt(-1);
```

```
element_num=8;%阵元数为 8
```

```
d_lamda=1/2;%阵元间距 d 与波长 lamda 的关系
```

```
theta=linspace(-pi/2, pi/2, 200);
```

```
theta0=0;%来波方向
```

```
w=exp(imag*2*pi*d_lamda*sin(theta0)*[0:element_num-1]');
```

```
for j=1:length(theta)
```

```
    a=exp(imag*2*pi*d_lamda*sin(theta(j))*[0:element_num-1]');
```

```
    p(j)=w'*a;
```

```
end
```

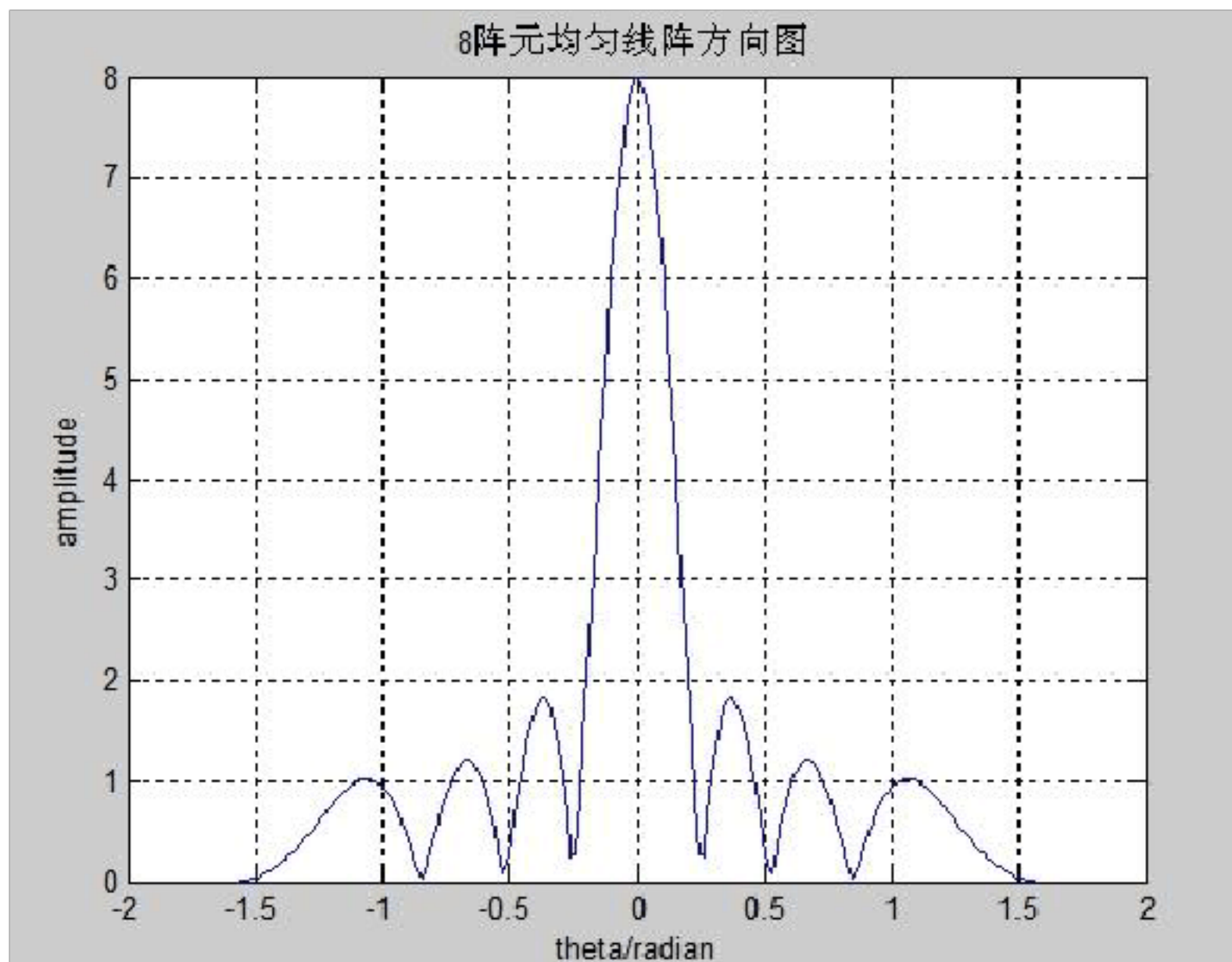
```
figure;
```

```
plot(theta, abs(p)), grid on
```

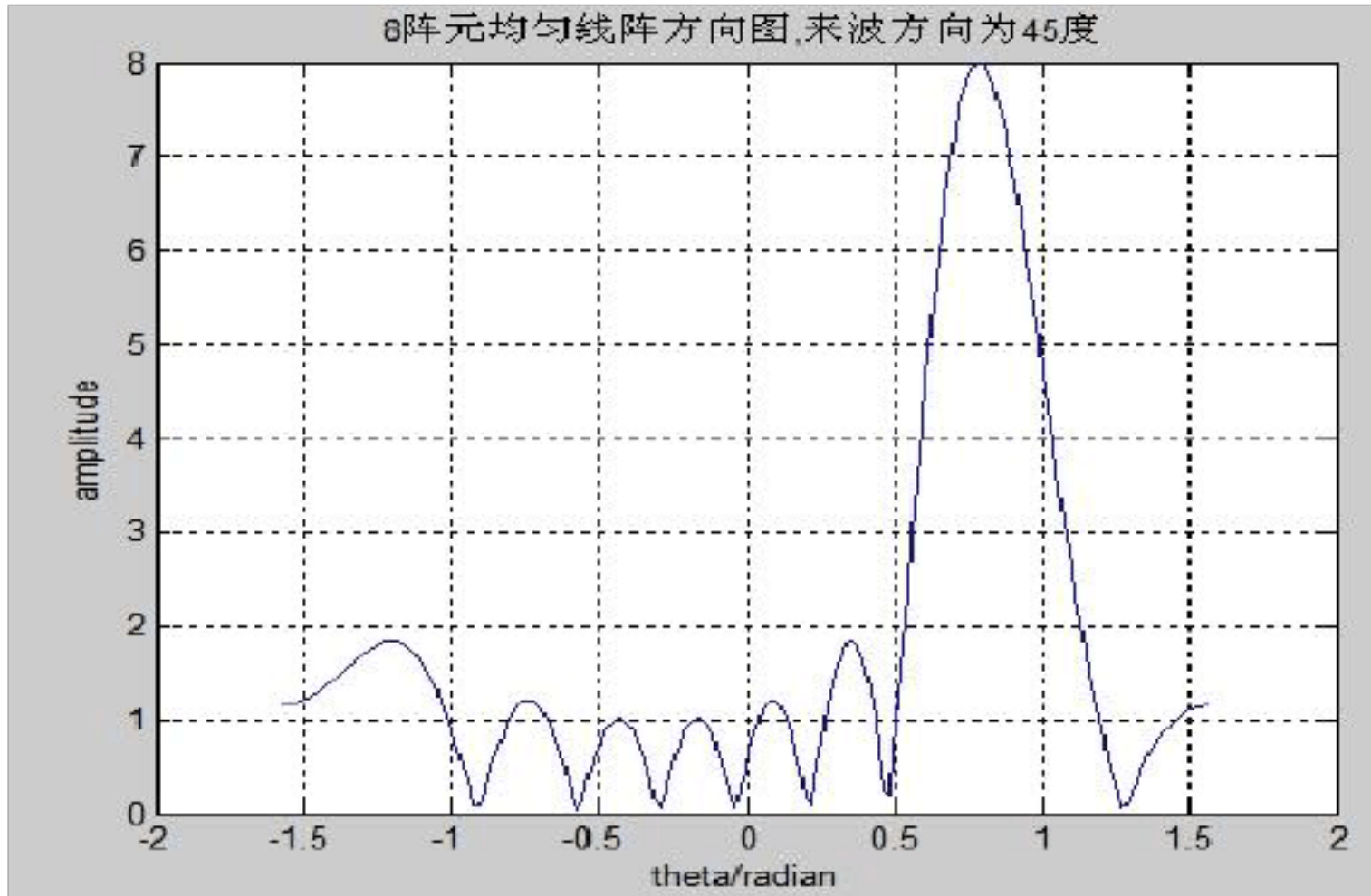
```
xlabel(' theta/radian')
```

```
ylabel(' amplitude')
```

```
title('8阵元均匀线阵方向图')
```



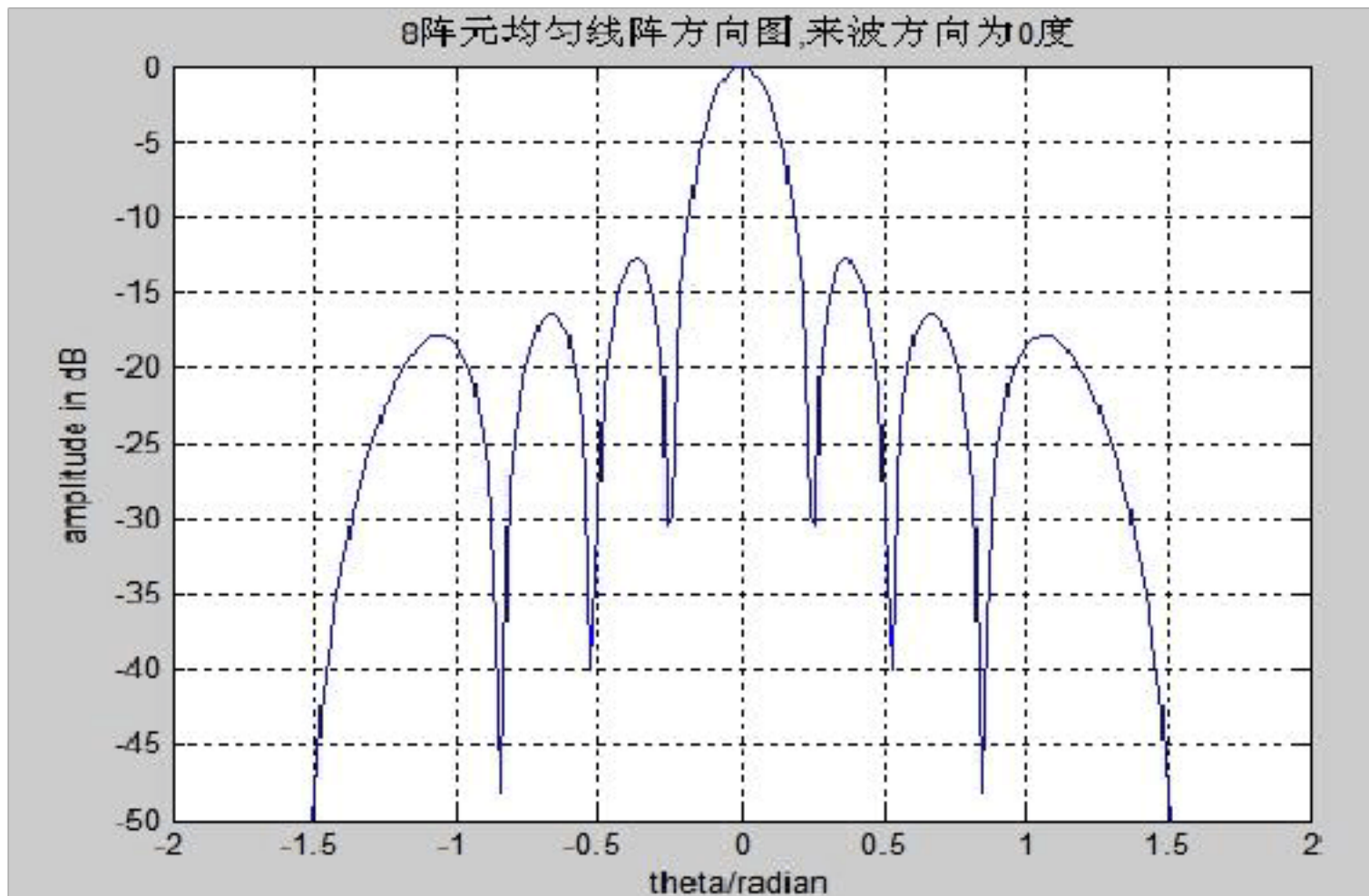
以铜为镜，可以正衣冠；以古为镜，可以知兴替；以人为镜，可以明得失。——《旧唐书·魏征列传》



当来波方向为 45 度时，仿真图如下：

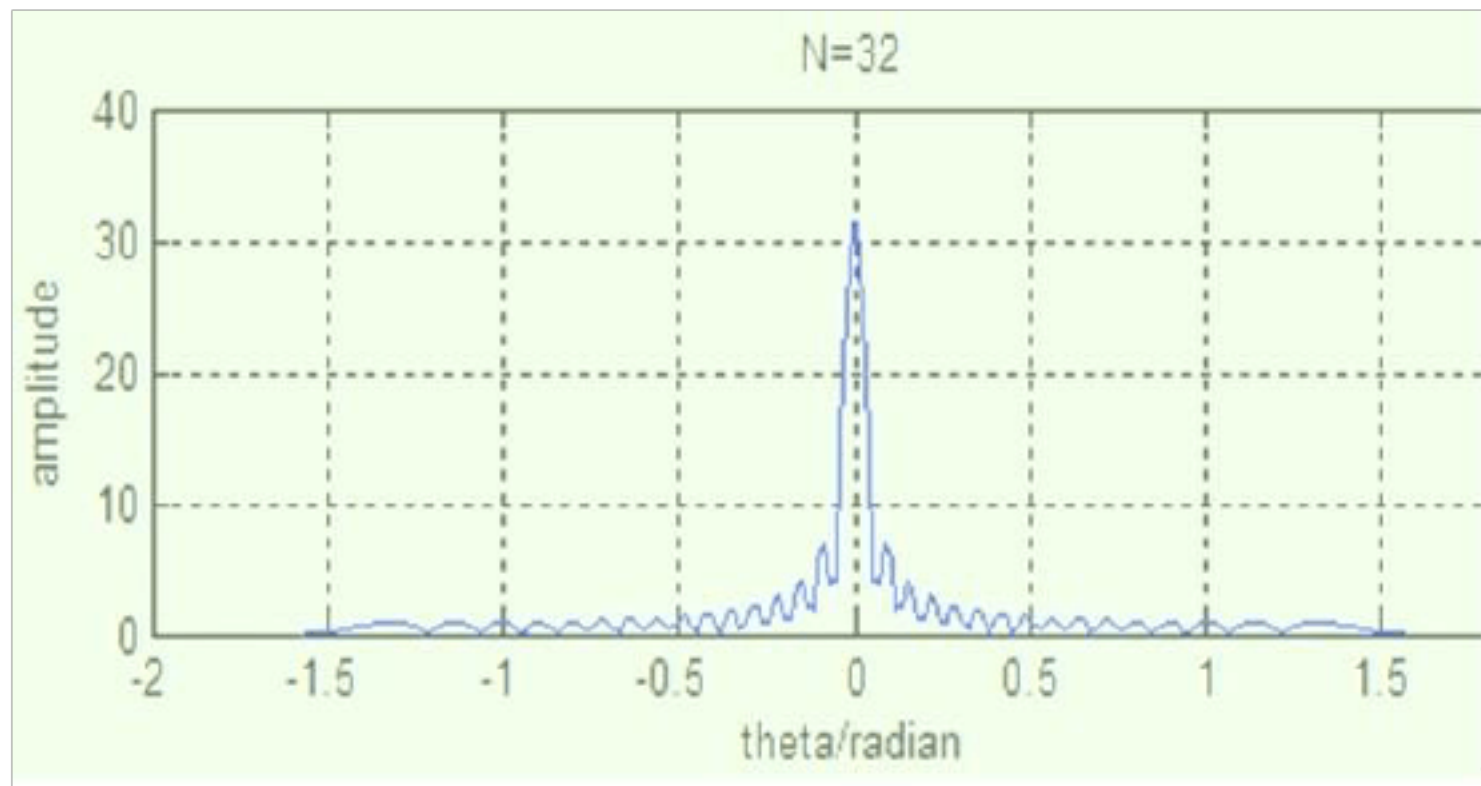
8 阵元均匀线阵方向图如下，来波方向为 0 度， $20\log(\text{dB})$

饭疏食，饮水，曲肱而枕之，乐亦在其中矣。不义而富且贵，于我如浮云。——《论语》



随着阵元数的增加，波束宽度变窄，分辨力提高：仿真图如下：

子曰：“知者不惑，仁者不忧，勇者不惧。” ——《论语》



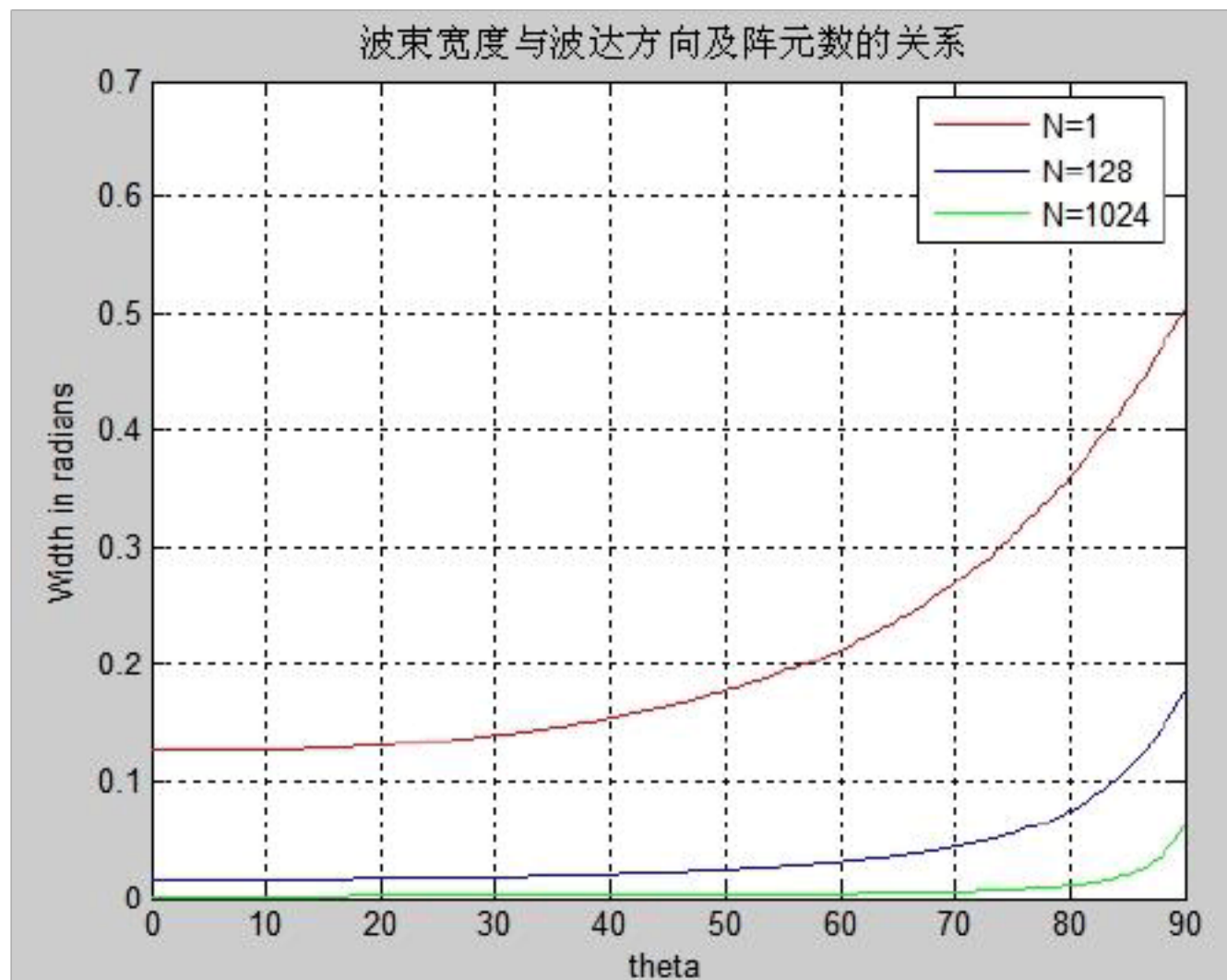
老当益壮，宁移白首之心；穷且益坚，不坠青云之志。——唐·王勃

2. 波束宽度与波达方向及阵元数的关系

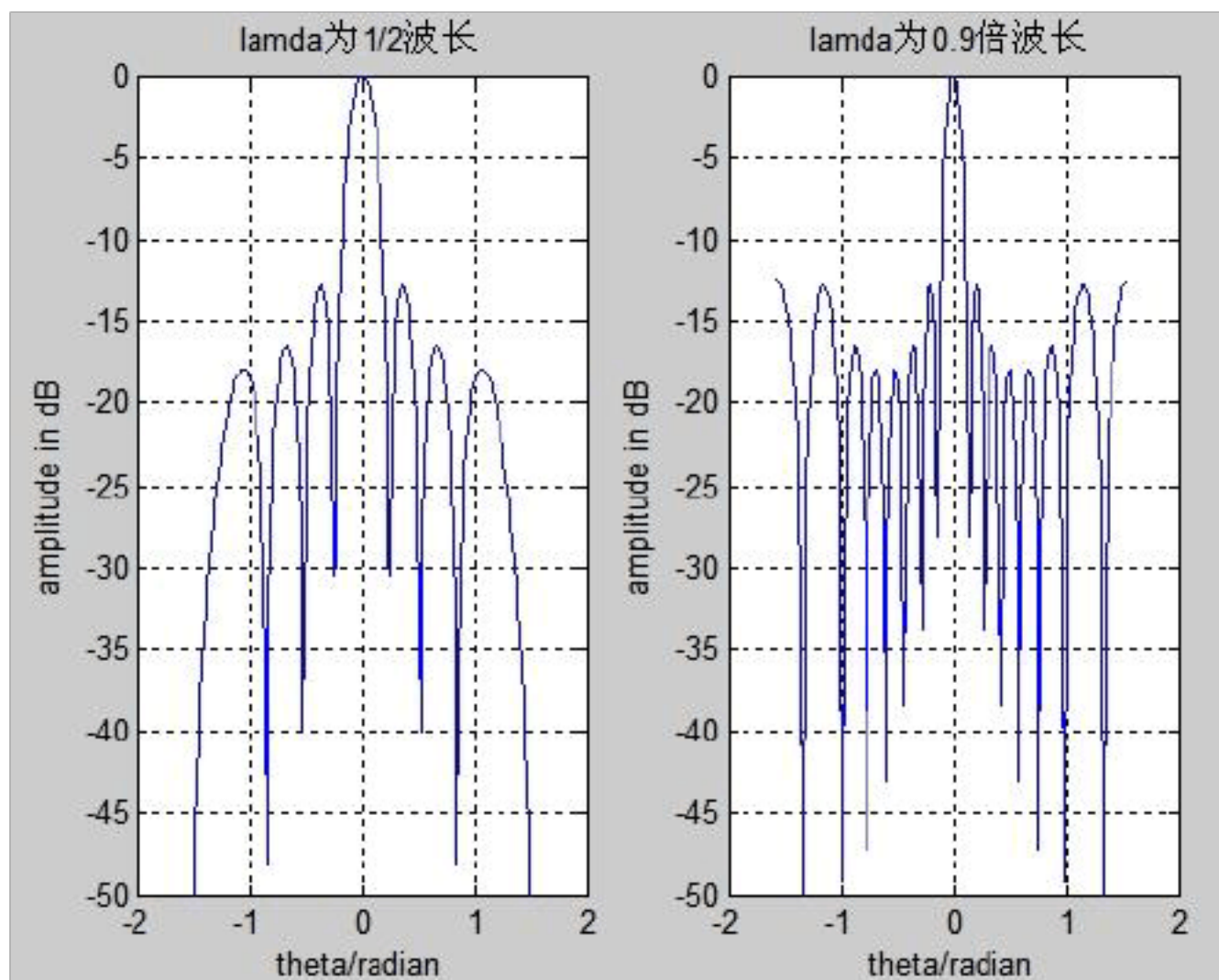
```
clc  
clear all
```

不飞则已，一飞冲天；不鸣则已，一鸣惊人。——《韩非子》

```
close all
ima=sqrt(-1);
element_num1=16;    % 阵元数
element_num2=128;
element_num3=1024;
lamda=0.03;        % 波长为 0.03米
d=1/2*lamda;       % 阵元间距与波长的关系
theta=0:0.5:90;
for j=1:length(theta);
    fai(j)=theta(j)*pi/180-asin(sin(theta(j)*pi/180)-lamda/(element_num1*d));
    psi(j)=theta(j)*pi/180-asin(sin(theta(j)*pi/180)-lamda/(element_num2*d));
    beta(j)=theta(j)*pi/180-asin(sin(theta(j)*pi/180)-lamda/(element_num3*d));
end
figure;
plot(theta, fai, 'r', theta, psi, 'b', theta, beta, 'g'), grid on
xlabel('theta');
ylabel('Width in radians')
title('波束宽度与波达方向及阵元数的关系')
仿真图如下：
```



3. 当阵元间距 $d = \lambda/2$ 时，会出现栅瓣，导致空间模糊。仿真图如下：

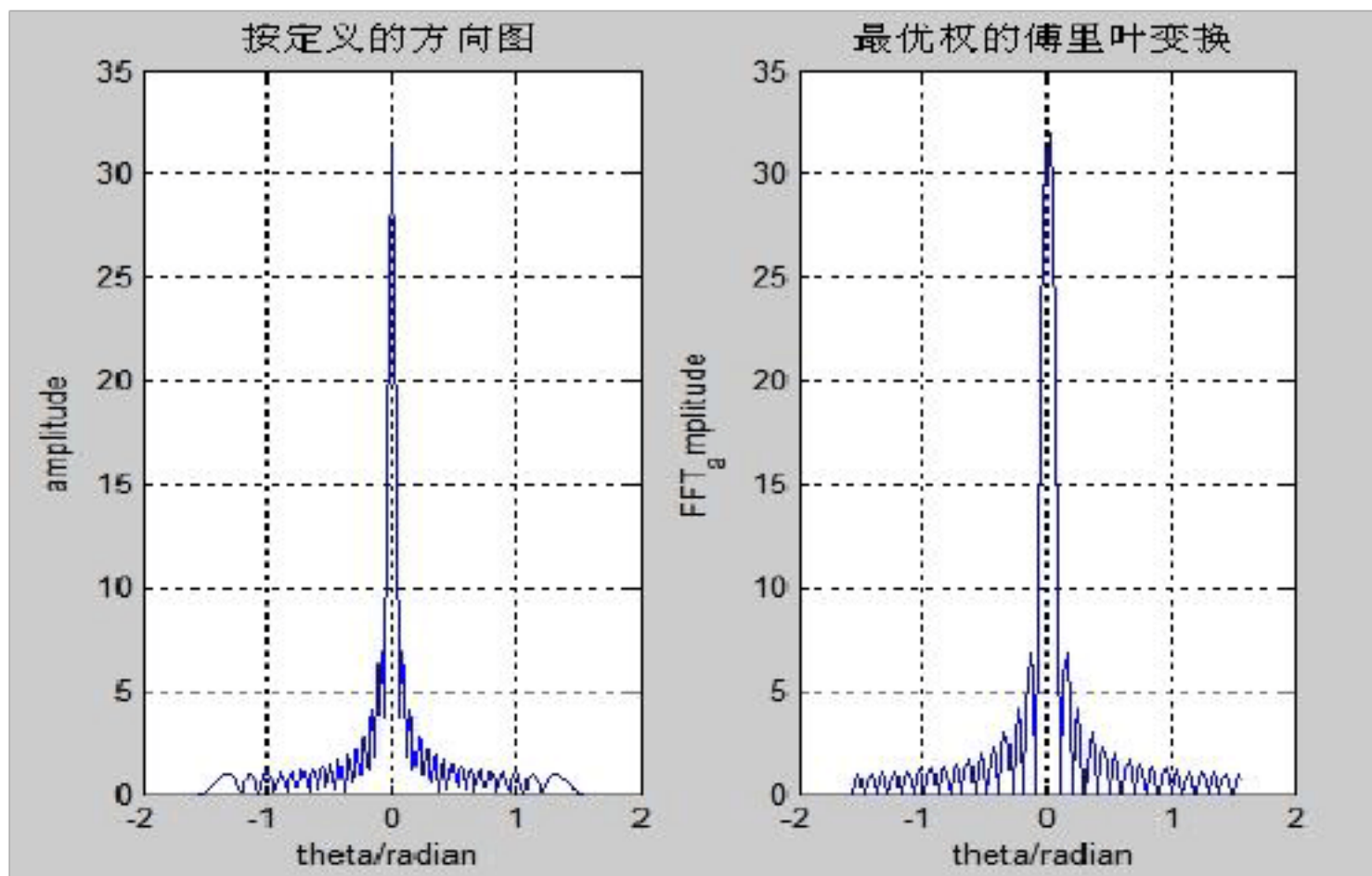


4. 类似于时域滤波，天线方向图是最优权的傅立叶变换

仿真程序和仿真图如下：

```
clc
clear all
close all
ima=sqrt(-1);
element_num=32;      % 阵元数
source_num=1;       % 信源数
d_lamda=1/2;        % 阵元间距与波长的关系
theta=linspace(-pi/2, pi/2, 200);
theta0=0;           % 来波方向
w=exp(ima*2*pi*d_lamda*sin(theta0)*[0:element_num-1]');
for j=1:length(theta);
    a=exp(ima*2*pi*d_lamda*sin(theta(j))*[0:element_num-1]');
    p(j)=w'*a;
end
figure;
subplot(1, 2, 1)
```

```
plot(theta, abs(p)), grid on
xlabel('theta/radian')
ylabel('amplitude')
title('按定义的方向图')
pfft=fftshift(fft(w, 128));
subplot(1, 2, 2)
plot(linspace(-pi/2, pi/2, 128), abs(pfft)), grid on
xlabel('theta/radian')
ylabel('FFT_amplitude')
title('最优权的傅里叶变换')
```



5. % 最大信噪比准则方向图和功率谱

```
clc;
clear all;
close all;
ima=sqrt(-1);

element_num=8;      % 阵元数为 8

d_lambda=1/2;      % 间距为半波长

theta=-90:0.5:90; % 范围

theta0=0;          % 来波方向

theta1=20;         % 干扰方向

L=512;             % 采样单元数

for i=1:L
    amp0=10*randn(1);
    amp1=200*randn(1);
    ampn=1;
    s(:,i)=amp0*exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta0*pi/180)*[0:element_num-1]');
    j(:,i)=amp1*exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta1*pi/180)*[0:element_num-1]');
    n(:,i)=ampn*(randn(element_num,1)+ima*randn(element_num,1));
end

Rs=1/L*s*s';      % 信号自相关矩阵

Rnj=1/L*(j*j'+n*n'); % 干扰+噪声的自相关矩阵

[V,D]=eig(Rs,Rnj); % (Rs,Rnj) 的广义特征值和特征向量

[D,I]=sort(diag(D)); % 排序

Wopt=V(:,I(8));   % 最优权矢量

for j=1:length(theta)
    a=exp(ima*2*pi*d_lambda*sin(theta(j)*pi/180)*[0:element_num-1]');
    f(j)=Wopt'*a;
    p(j)=a'*Rs*a+a'*Rnj*a;
```

```
end
F=20*log10(abs(f)/max(max(abs(f))));
P=20*log10(abs(p)/max(max(abs(p))));
subplot(121)
plot(theta,F);grid on;hold on
plot(theta0,-50:0,'. ');plot(theta1,-50:0,'.')
xlabel('theta/0');ylabel('F in dB');

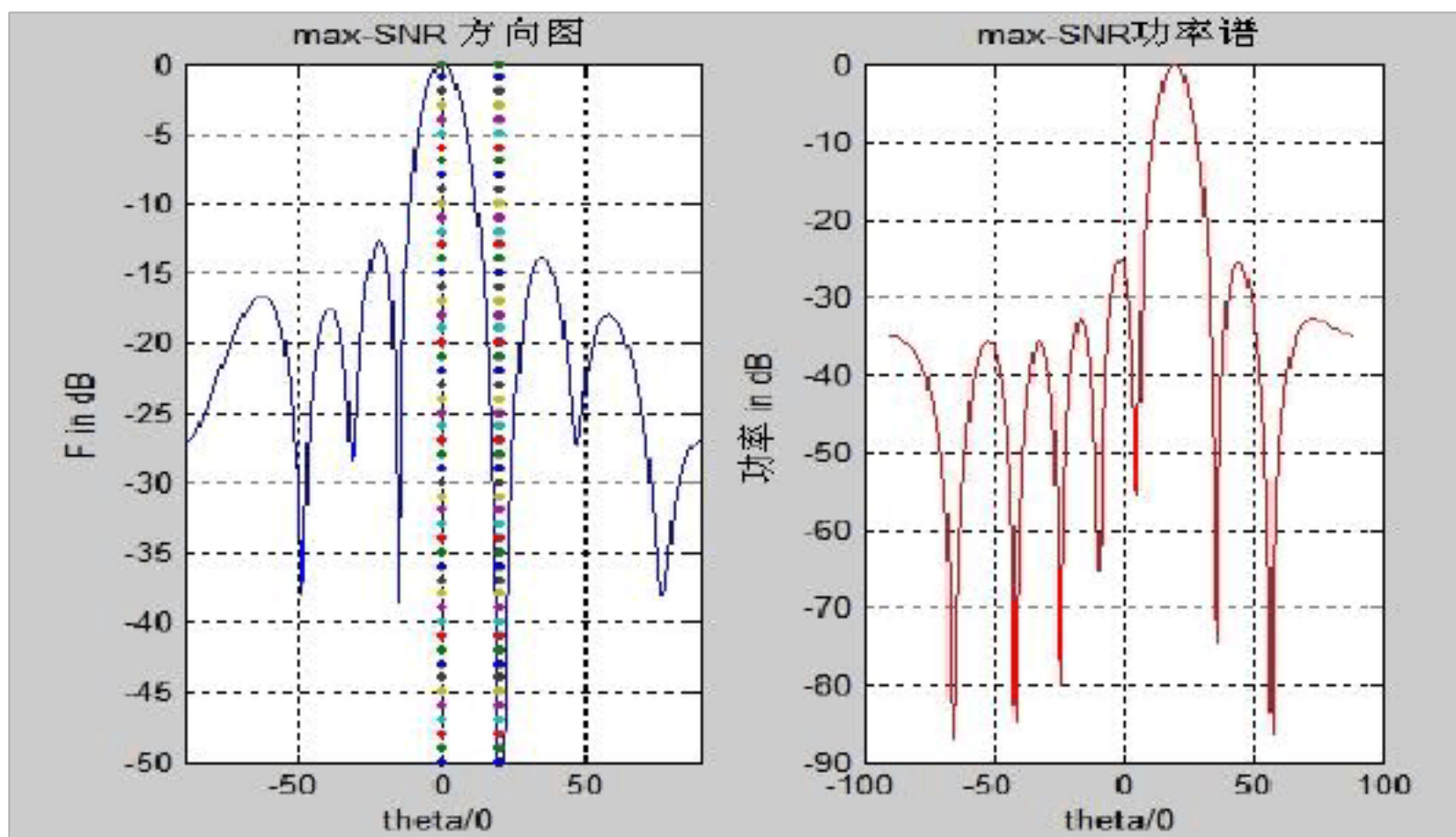
title('max-SNR方向图');

axis([-90 90 -50 0]);
hold on
subplot(122)
plot(theta,P,'r');grid on

xlabel('theta/0');ylabel('功率 in dB');

title('max-SNR功率谱')
```

仿真图如下：



6.

%ASC 旁瓣相消---MSE准则

```
clc;close all;clear all
```

```
ima=sqrt(-1);
```

```
M=32; % 辅助天线的数目
```

```
d_lambda=.5;
```

```
theta0=-30; % 来波方向
```

```
theta1=60;           % 干扰方向

L=512;              % 采样单元数

s=zeros(1,512);     % 预划分一个区域
for ii=1:L;
    amp0=1*randn(1); % 信号的幅度随机产生，保证信号之间是不相关的
    amp1=200*randn(1);
    ampn=1;

    jam(:,ii)=amp1*exp(ima*2*pi*0.5*sin(theta1*pi/180)*[0:M-1]')+ampn*(randn(M,1)
+ima*randn(M,1)); % 干扰+噪声

    s(ii)=amp0*exp(ima*2*pi*0.5*sin(theta0*pi/180))+amp1*exp(ima*2*pi*0.5*sin(thet
al*pi/180))+ampn*(randn(1,1)+ima*randn(1,1)); % 接收信号（信号+干扰+噪声）
    s0(ii)=amp0*exp(ima*2*pi*0.5*sin(theta0*pi/180));
end

Rx=1/L*jam*jam'; % 噪声自相关矩阵，相当于 X (t)
r_xd=1/L*jam*s';
Wopt=pinv(Rx)*r_xd;
delta=s0-(s-Wopt'*jam);

delta1=abs(mean(delta.^2)-(mean(delta))^2)^0.5 % 方差

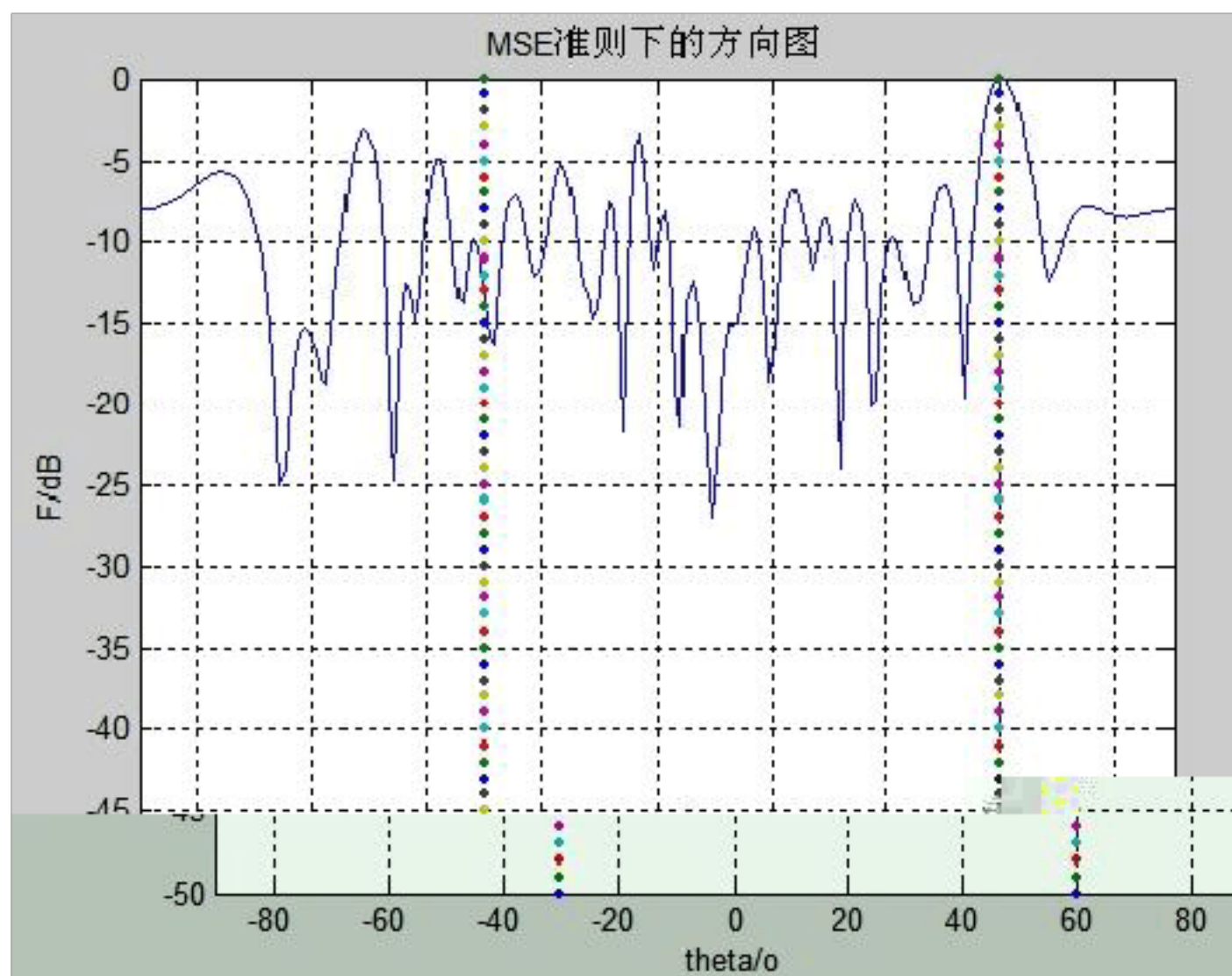
theta=linspace(-pi/2,pi/2,200);
for jj=1:length(theta)
    a=exp(ima*2*pi*.5*sin(theta(jj))*[0:M-1]');
    f(jj)=Wopt'*a;
end
F=20*log10(abs(f)/(max(max(abs(f)))));
figure(1)
plot(theta*180/pi,F),grid on,hold on
plot(theta0,-50:0,'.')
plot(theta1,-50:0,'.')
xlabel('theta/o');
ylabel('F/dB');

title('MS准则下的方向图')

axis([-90 90 -50 0]) % 对 x 轴和 y 轴设置一个极限范围
```

饭疏食，饮水，曲肱而枕之，乐亦在其中矣。不义而富且贵，于我如浮云。——《论语》

仿真图如下：



7. %线性约束最小方差(LCMV) 准则

```
clc;
clear all ;
close all;
ima=sqrt(-1);

element_num=8;      % 阵元数

d_lamda=1/2;      % 阵元间距与波长的关系

theta=-90:0.5:90-0.3;% 搜索范围

theta0=0;          % 三个信号源的来波方向

theta1=30;
theta2=60;

L=512;            % 采样单元数

for i=1:L;
    amp0=10*randn(1);
    amp1=100*randn(1);
    amp2=10*randn(1);
    ampn=10;
    x(:, i)=amp0*exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta0*pi/180)*[0:element_num-1]')+...
        amp1*exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta1*pi/180)*[0:element_num-1]')+...
        amp2*exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta2*pi/180)*[0:element_num-1]')+...
        ampn*(randn(element_num, 1)+ima*randn(element_num, 1));
end
Rx=1/L*x*x' ;
steer1=exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta0*pi/180)*[0:element_num-1]')
steer2=exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta1*pi/180)*[0:element_num-1]')
steer3=exp(ima*2*pi*1/2*sin(theta2*pi/180)*[0:element_num-1]')
C=[steer1 steer2 steer3];

F=[1 0 1]';      % 把三个方向都作为来波方向
```

```
w=inv(Rx)*C*(inv(C'*inv(Rx)*C))*F;
for j=1:length(theta);
    a=exp(ima*2*pi*d_lamda*sin(theta(j)*pi/180)*[0:element_num-1]');
    f(j)=w'*a;
    p(j)=1/(a'*inv(Rx)*a);
end
f=10*log10(abs(f)/(max(max(abs(f)))));
figure(1)
subplot(121)
plot(theta,f),grid on,hold on
plot(theta0,-20:0,'.')
plot(theta1,-20:0,'.')
plot(theta2,-20:0,'.')
xlabel('theta/o');
ylabel('F/dB');

title('Capon beamform方向图')

axis([-90 90 -20 0])%为 x 轴和 y 轴设置一个极限范围

P=10*log10(abs(p)/(max(max(abs(p)))));
subplot(122)
plot(theta,P),grid on,hold on
plot(theta0,-20:0,'.')
plot(theta1,-20:0,'.')
plot(theta2,-20:0,'.')
xlabel('theta/o');

ylabel('功率/dB');

title('Capon beamform功率谱')
```

仿真图如下：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/686104221102011030>