

天 线

- ◆11.1 天线方向图
- ◆11.2 均匀直线阵的波束扫描
- ◆11.3 均匀圆形阵的波束扫描
- ◆11.4 非均匀直线阵的波束方向估计



11.1 天线方向图

天线是射频工程中的重要部件，它担负着接收信号和发射信号的双重任务。描述天线有许多参数，方向图是其中重要的参数之一。特别是采用多个天线的天线阵列，它们的相对位置对方向图有很大的影响。本章给出了四个不同天线的方向图的例子。

应用MATLAB的m文件方式编程，表述天线的相关问题要注意以下两点：

(1) 将描述现象的解析式正确地用MATLAB的编程语言描述；

(2) 应用MATLAB的某个数据可视化方法去表达相关的结果。

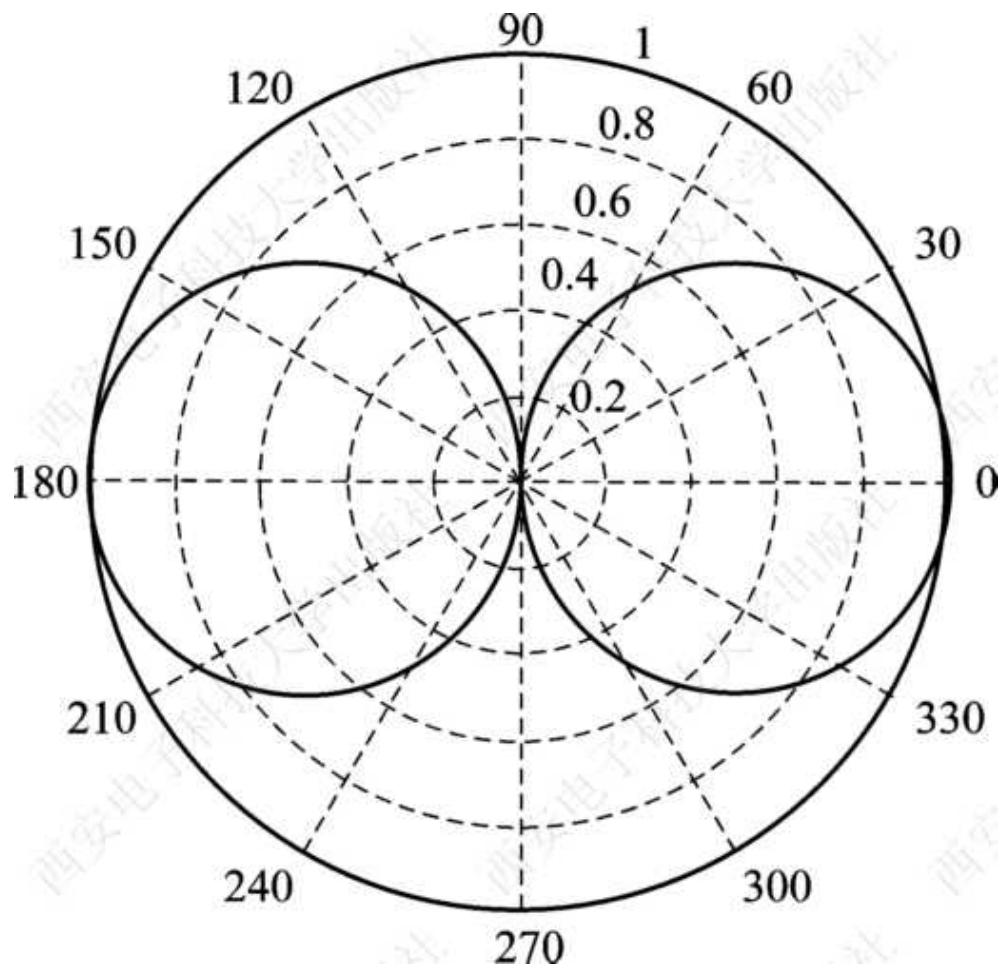


图11-1 半波振子天线垂直剖面方向图

半波长天线方向图是一个在柱坐标下的沿 z 轴的一个旋转体。本例是绘制一个通过 z 轴的平面与方向图旋转体相交后的平面图。这是一个用极坐标绘图指令(`polar`)绘制的图。图形上的点离原点的距离表示该点的场强。该矢量与极坐标 $\alpha = 90^\circ$ 的射线的夹角，就是与柱坐标 z 轴的夹角。该图形绕 z 轴旋转 360° ，就可以得到上述表示半波长天线的三维方向图。作图是通过`hold on`指令将两段图画在一张图上。程序11-1给出了半波长天线方向图的绘制代码，执行结果如图11-1所示，显然半波长天线的辐射方向是对称的。

程序11-1

```
t=[90:2:270].*pi/180;
```

```
a=1;
```

```
r=a*cos(t);
```

```
polar(t, r)
```

```
hold on
```

```
t1=t+pi;
```

```
a1=1;
```

```
r1=a*cos(t1);
```

```
polar(t, r1);
```

```
title('半波振子的垂直剖面方向图')
```

11.2 均匀直线阵的波束扫描

周期性地改变馈入均匀直线形天线阵列的射频信号，就可以实现将形成的窄波束在一个扇面扫描。其原理简述如下：相距相同间隔 d 的天线阵元，当接收传播方向与天线阵列直线成 θ 角的平面电磁波时，相邻阵元产生的射频信号的相位差为

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \theta \quad (11-1)$$

天 线 天 线

相隔 n 个阵元的相位差就是上述值的 $n\phi$ 倍即。阵列输出的射频信号是各阵元输出信号的矢量和。如果馈入每个天线阵元的射频信号相位差值为上述值时，合成的电磁波波束的最大值方向(若 n 非常之大，波束可以视为平面电磁波)相对天线阵列的直线有 θ 的夹角(如图11-2所示)。改变相位差值，输出电磁波与天线阵列的直线的夹角 θ 就会发生变化。周期性地改变馈入信号的相位差，波束与阵列直线的夹角就会周期性地变化，即完成了波束的周期性扫描。改变控制相位差的余弦信号的周期即可控制扫描的周期。扫描的实现通过动画方式完成。

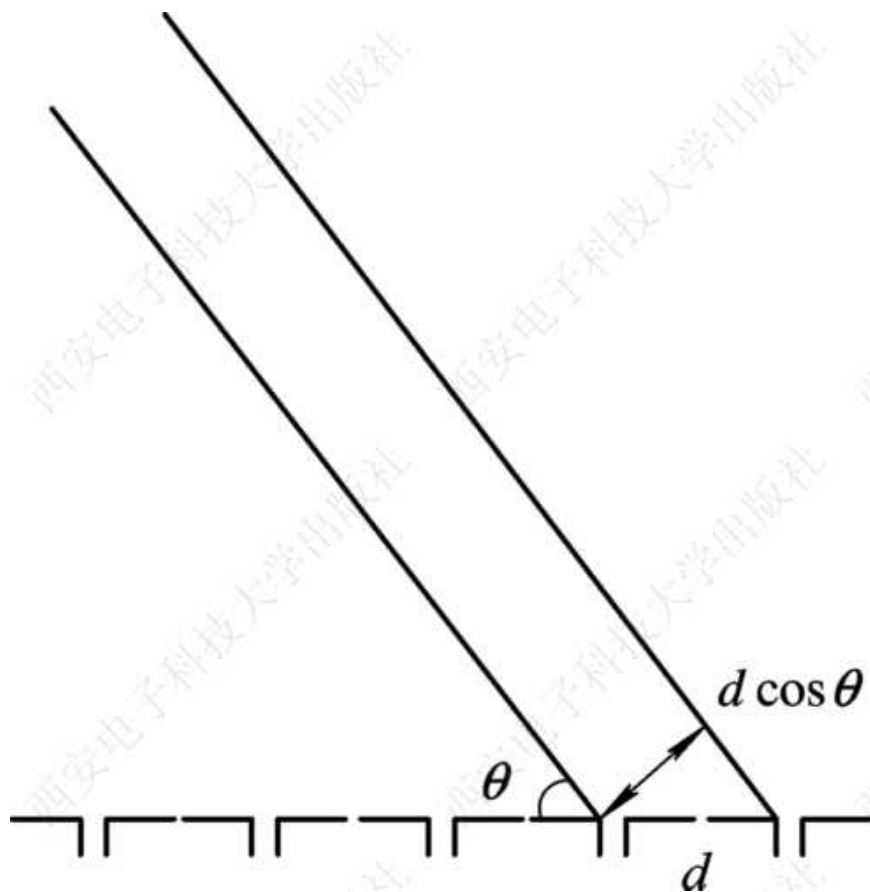


图11-2 轴向排列的半波振子天线阵元间的相位差

$$\left. \begin{aligned}
 E &= E_0 (1 + e^{j\phi} + e^{j2\phi} + \square + e^{j(n-1)\phi}) \\
 \phi &= \beta d \cos \theta - \alpha \\
 \beta &= \frac{2\pi}{\lambda}
 \end{aligned} \right\}$$

(11-2)

七阵元均匀直线形天线阵列天线波束 $\pm 45^\circ$ 来回扫描，数值计算如程序11-3所示。程序执行后得到图11-3所示的方向图，可见七阵元均匀直线形天线阵列天线波束能够比较尖锐地指向设计方向，并且按照规定的周期扫描。

程序11-3

```
clear
```

```
for q=2:4:1440
```

```
E=1;
```

```
lam=1;
```

```
d=1; p=(pi*.73)*sin(.02*(q+80));
```

```
t=0:.01:pi;
```

```
a1=p;
```

```
a2=2*p;
```

```
a3=3*p;
```

```
a4=4*p;
```

$$a_5 = 5 * p;$$

$$a_6 = 6 * p;$$

$$b_6(q) = a_6; b_5(q) = a_5; b_4(q) = a_4;$$

$$b_3(q) = a_3; b_2(q) = a_2; b_1(q) = a_1;$$

$$m_1 = 1; m_2 = 1; m_3 = 1;$$

$$m_4 = 1; m_5 = 1; m_6 = 1;$$

$$ps_1 = (\pi * d * \cos(t) / \lambda) - a_1;$$

$$ps_2 = 2 * (\pi * d * \cos(t) / \lambda) - a_2;$$

$$ps_3 = 3 * (\pi * d * \cos(t) / \lambda) - a_3;$$

$$ps_4 = 4 * (\pi * d * \cos(t) / \lambda) - a_4;$$

天 线 天 线

```
ps5=5*(pi*d*cos(t)/lam)-a5;
```

```
ps6=6*(pi*d*cos(t)/lam)-a6;
```

```
f=E*(abs(1+m1*(exp(j*(ps1))))+m2*(exp(j*(ps2)))+...
```

```
m3*(exp(j*(ps3)))+m4*(exp(j*(ps4)))+m5*(exp(j*(ps5)))+...
```

```
m6*(exp(j*(ps6))));
```

```
polar(t, f)
```

```
w(:, q)=getframe;
```

```
end
```

```
title('均匀直线阵的波束扫描')
```

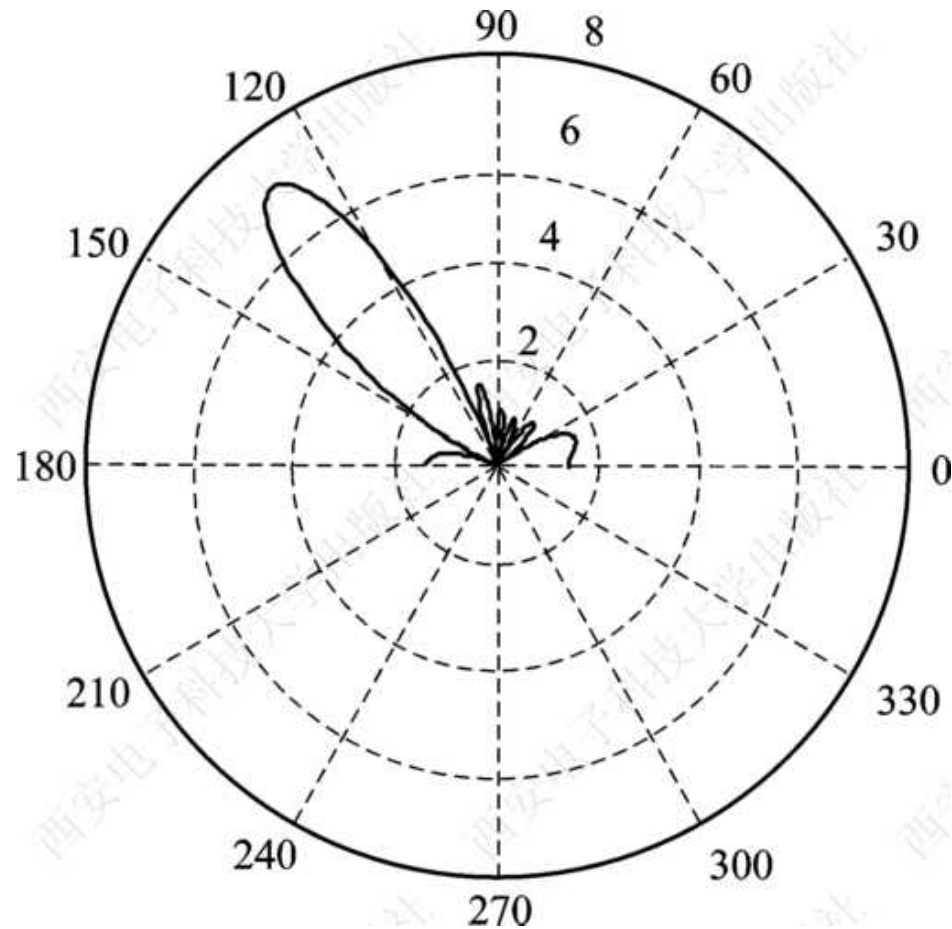


图11-3 均匀直线阵列波束扫描

11.3 均匀圆形阵的波束扫描

等间隔排列的圆形天线阵列，当平面电磁波到来时，每个阵元上感应的电磁波因为位置上的差异会带来电磁波的波程差，因此有相位差。当天线阵列作为发射天线时，如果馈入每个阵元的射频信号具有上述的特点，那么合成的电磁波波束的最大值方向即指向特定的方向。

周期性地改变馈入信号的相位差，圆形天线阵列发射的电磁波的指向就会周期性地变化。均匀直线阵产生的波束比较尖锐，但是只能在小于 180° 的范围内扫描。均匀圆阵产生的波束比较钝，但是可以在 360° 的范围扫描，即旋转扫描。图11-4是圆形均匀分布的八阵元天线阵列的示意图。

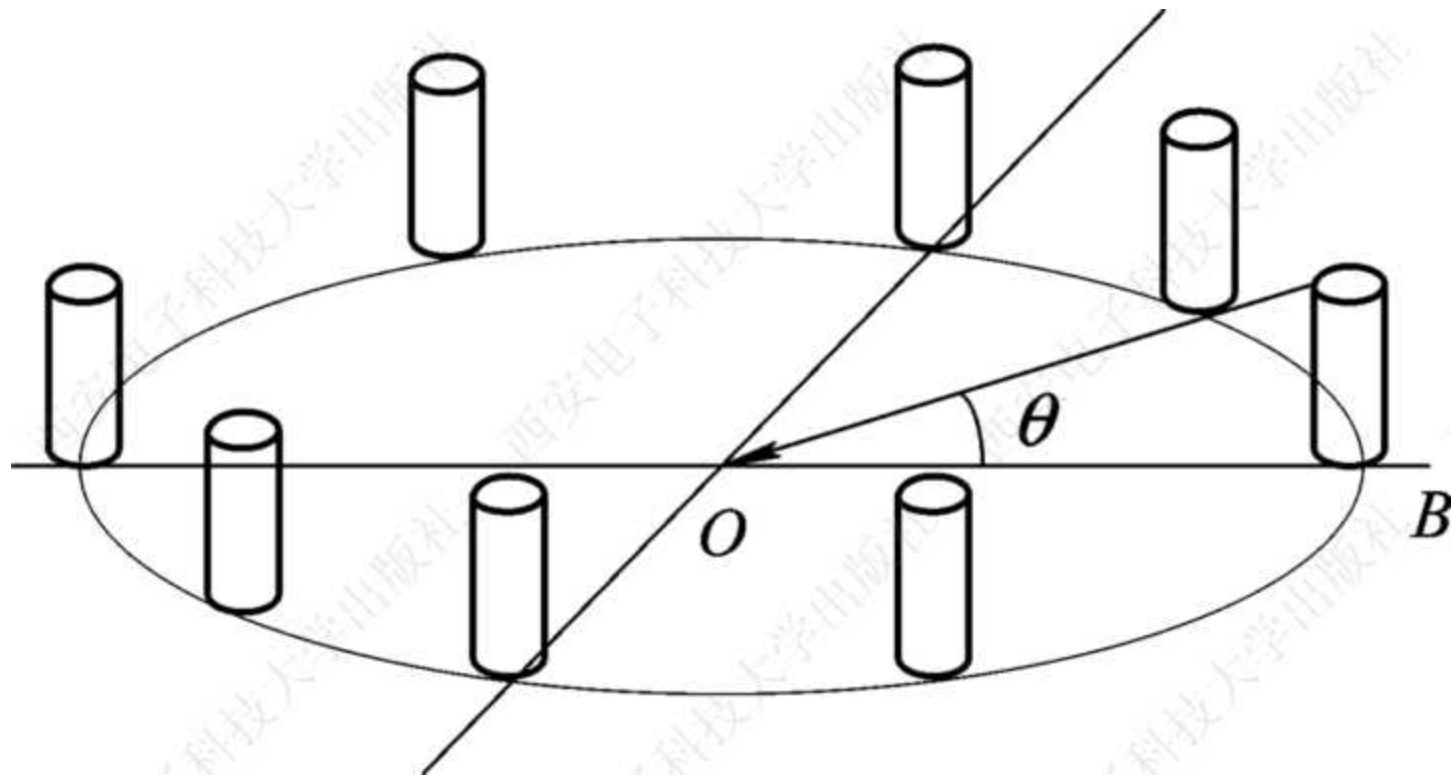


图11-4 均匀圆形阵列结构图

我们把天线阵元顺序定为从 OB 起顺时针排列为0到 $M-1$ 。若有一平面波以 θ 角入射到阵列上，则第 K 号阵元上产生的信号为 x_K ，它与到达阵元中心的波前的相位差是

$$A_K(\theta) = \exp\left[-j2\pi \frac{r}{\lambda} \cos(\phi_k + \theta)\right]$$

式中， λ 与 r 分别是入射波的波长和阵列圆的半径， A_K 亦称阵因子。

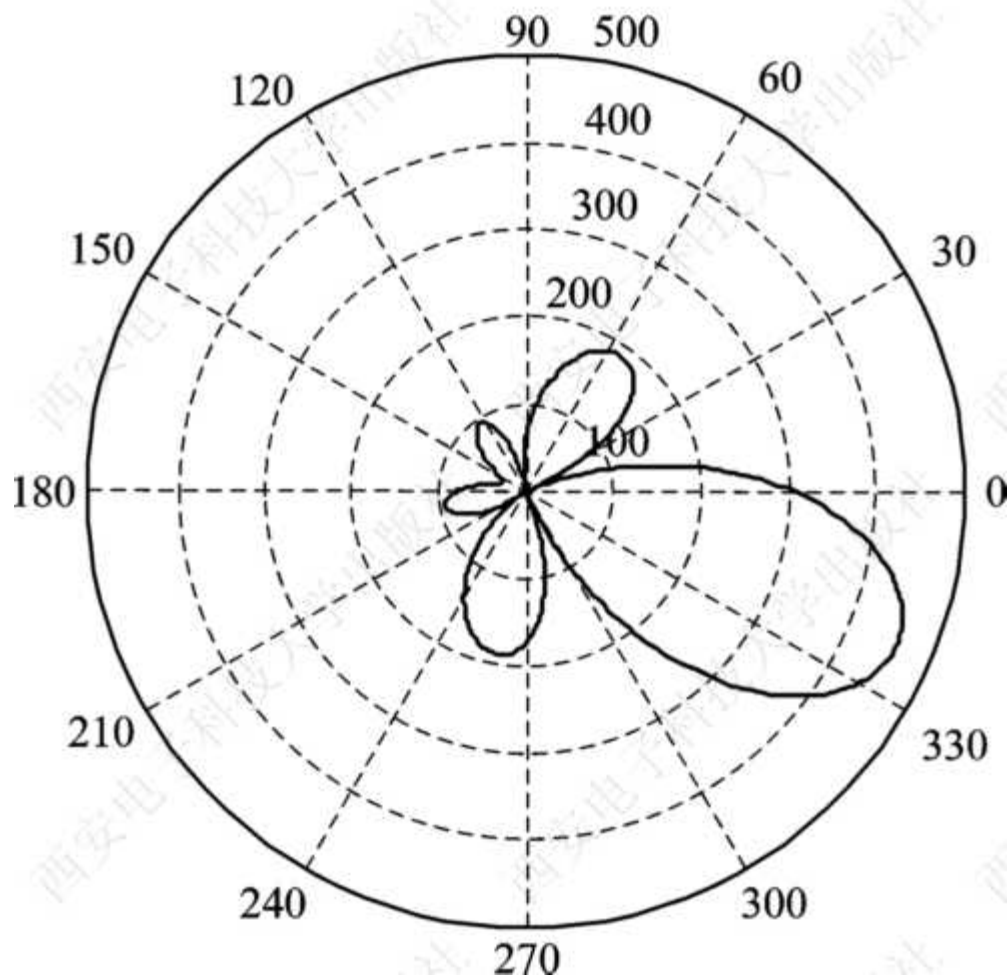


图 11-5 均匀圆形阵列天线波束扫描

八阵元圆形天线阵列天线波束反时针 360° 扫描程序如程序11-5所示。程序执行后得到图11-5所示的方向图，可见八阵元圆形天线阵列天线波束能够指向所设计的方向，并且按照规定的周期旋转扫描。

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/557141064032006166>