

- 1.微波波长范围 **1 米 ~ 0.1 毫米**
- 2.无耗传输线特性阻抗 **$\sqrt{L/C}$**
- 3.矩形波导和圆波导的基模分别是 **TE₁₀, TE₁₁**
- 4.微带线主要传输的波型为 **A)TE 模 B)TEM 模 C)准 TEM 模**
- 18.带状线主要传输的波形是 **A)TE 模 B)TEM 模 C)准 TEM 模**
- 5.有测量意义的矩阵 **散射矩阵[S]**
- 6.电基本振子近区场与 r 的关系 **$\propto 1/r^3$**
- 8.电基本振子远区场与 r 的关系 **$\propto 1/r$**
- 7.下面哪个天线方向性最好 **A) 八木天线 B)平面等角天线 C)缝隙天线**
- 8.下面哪个天线属于窄带天线 **A)对数周期天线 B)行波天线 C)微带天线**
- 10.下面哪个天线属于宽带天线 **A)对数周期天线 B)缝隙天线 C)微带天线**
- 9.标准的矩形微带贴片天线，其贴片尺寸大约为 **A)0.5 B)0.25 C)1.0**
- 10.弹簧样天线垂直地面方向放置，其辐射波的极化类型为
A)垂直极化 B)线性极化 C)圆极化
- 14.用于雷达收发开关的元器件是
A) 魔 T B) 波导分支器 C) 双分支定向耦合器
20. RCS 指的是雷达散射截面， 隐形飞机要达到“隐形”的目的，应该
A) 增大 RCS B) RCS 减小 C) 使 RCS 保持不变
- 11.GPS 卫星上使用的对地天线是 **A)缝隙天线 B)螺旋天线 C)喇叭天线**
15. GPS 卫星上使用的对地天线是 **A)智能天线 B)轴向螺旋天线 C) 法向螺旋天线**
16. 我们使用的“羊城通” 工作频率是 **13.56MHZ**
18. 能够被电离层反射的波是 **A)短波 B 长波 C) 超短波**
19. GNSS（全球导航卫星系统）的波是 **A) 短波 B) 超短波 C) 微波**
- 12.移动通信的电波传输两路模型中，地面的存在导致接收信号变化的情况是
A)快衰减 B)慢衰减 C)没有影响
- 13.无方向辐射天线发射频率 10MHz，传输距离 100km，传输损耗大约为：
A)50dB B)70dB C)90dB
- 14.RFID 工作在 13.56M 和 2.4G 的不同频率下，耦合方式分别是怎样的
A)磁耦合，电磁耦合 B)电磁耦合，电磁耦合 C)磁耦合，磁耦合
- 15.在雷达系统中，测量速度的原理是：**多普勒效应**
- 16.矩形空腔的基本模是 **TE₁₀₁**
- 17.能实现宽阻抗匹配的是 **A) $\lambda/4$ 阻抗变化器 B) 单支节调配器 C) 多支节调配器**

【1.5】 试证明无耗传输线上任意相距 $\lambda/4$ 的两点处的阻抗的乘积等于传输线特性阻抗的平方。

证明 传输线上任意一点 z_0 处的输入阻抗为

$$Z_{in}(z_0) = Z_0 \frac{Z_l + jZ_0 \tan \beta z_0}{Z_0 + jZ_l \tan \beta z_0}$$

在 $z_0 + \lambda/4$ 处的输入阻抗为

$$Z_{in}\left(z_0 + \frac{\lambda}{4}\right) = Z_0 \frac{Z_l + jZ_0 \tan \beta \left(z_0 + \frac{\lambda}{4}\right)}{Z_0 + jZ_l \tan \beta \left(z_0 + \frac{\lambda}{4}\right)} = Z_0 \frac{Z_l - jZ_0 / \tan \beta z_0}{Z_0 - jZ_l / \tan \beta z_0}$$

因而，有

$$Z_{in}(z_0) Z_{in}\left(z_0 + \frac{\lambda}{4}\right) = Z_0^2$$

【1.3】 设特性阻抗为 Z_0 的无耗传输线的驻波比为 ρ ，第一个电压波节点离负载的距离为 l_{min1} ，试证明此时终端负载应为

$$Z_l = Z_0 \frac{1 - j\rho \tan \beta l_{min1}}{\rho - j \tan \beta l_{min1}}$$

证明 根据输入阻抗公式

$$Z_{in}(z) = Z_0 \frac{Z_l + jZ_0 \tan \beta z}{Z_0 + jZ_l \tan \beta z}$$

在距负载第一个波节点处的阻抗

$$Z_{in}(l_{min1}) = \frac{Z_0}{\rho} \quad \text{即} \quad Z_0 \frac{Z_l + jZ_0 \tan \beta l_{min1}}{Z_0 + jZ_l \tan \beta l_{min1}} = \frac{Z_0}{\rho}$$

将上式整理即得

$$Z_l = Z_0 \frac{1 - \rho \tan \beta l_{min1}}{\rho - j \tan \beta l_{min1}}$$

【2.2】 矩形波导的横截面尺寸为 $a=22.86\text{ mm}$, $b=10.16\text{ mm}$, 将自由空间波长为 2 cm , 3 cm 和 5 cm 的信号接入此波导, 问能否传输? 若能, 出现哪些模式?

解 当 $\lambda < \lambda_c$ 时信号能传输, 矩形波导中各模式的截止波长:

$$\lambda_{c\text{TE}_{10}} = 2a = 45.72\text{ mm}$$

$$\lambda_{c\text{TE}_{20}} = a = 22.86\text{ mm}$$

$$\lambda_{c\text{TE}_{01}} = 2b = 20.32\text{ mm}$$

因此, $\lambda=5\text{ cm}$ 的信号不能传输; $\lambda=3\text{ cm}$ 的信号能传输, 工作在主模 TE_{10} ; $\lambda=2\text{ cm}$ 的信号能传输, 矩形波导存在 TE_{10} 、 TE_{20} 、 TE_{01} 三种模式。

【5.13】 设矩形谐振腔由黄铜制成, 其电导率 $\sigma=1.46 \times 10^7\text{ S/m}$, 它的尺寸为 $a=5\text{ cm}$, $b=3\text{ cm}$, $l=6\text{ cm}$, 试求 TE_{101} 模式的谐振波长和无载品质因数 Q_0 的值。

解 谐振波长为

$$\lambda_0 = \frac{2al}{\sqrt{a^2 + l^2}} = 7.68\text{ cm}$$

矩形谐振腔的表面电阻为

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi c \mu_0}{\sigma \lambda_0}} = 0.1028\ \Omega$$

无载品质因数为

$$Q_0 = \frac{480\pi^2 a^3 l^3 b}{\lambda_0^3 R_s} \frac{1}{2a^3 b + 2bl^3 + a^3 l + al^3} = 2125$$

【8.5】 有两个平行于 z 轴并沿 x 轴方向排列的半波振子, 若 ① $d=\lambda/4$, $\zeta=\pi/2$; ② $d=3\lambda/4$, $\zeta=\pi/2$ 时, 试求其 E 面和 H 面方向函数, 并画出方向图。

解 半波振子的方向函数: $\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta}$, 阵因子: $\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$, 其中 $\phi=kd \sin\theta \cos\varphi +$

(其中 $k=2\pi/\lambda$)

ζ 。由方向图乘积定理，二元阵的方向函数等于二者的乘积。

(1) $d=\lambda/4$, $\zeta=\pi/2$

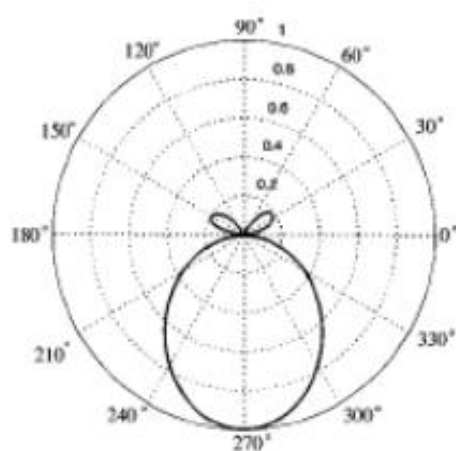
令 $\varphi=0$ 得 E 面方向函数：

$$F_E(\theta) = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right| \left| \cos \frac{\pi}{4} (1 + \sin\theta) \right|$$

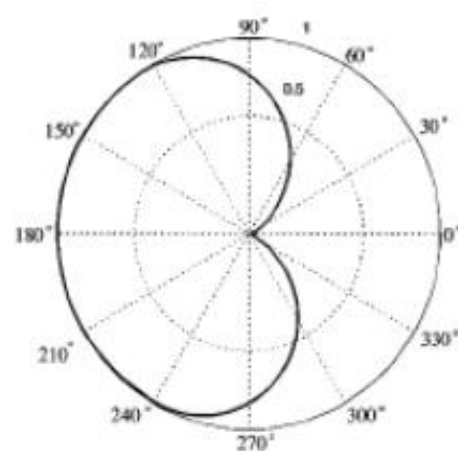
令 $\theta=90^\circ$ 得 H 面方向函数：

$$F_H(\varphi) = \left| \cos \frac{\pi}{4} (1 + \cos\varphi) \right|$$

其 E 面和 H 面方向图如题 8.5 图(a)所示。

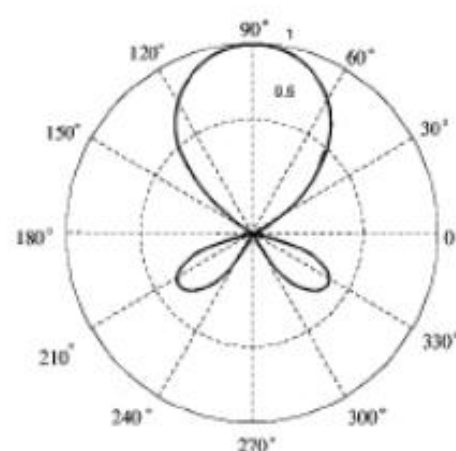


E 面方向图

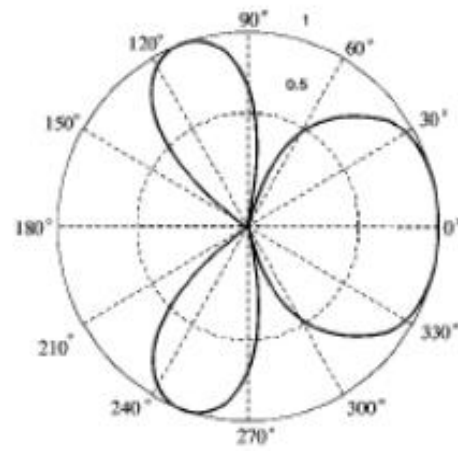


H 面方向图

(a)



E 面方向图



H 面方向图

(b)

(2) $d=3\lambda/4$, $\zeta=\pi/2$

令 $\varphi=0$ 得 E 面方向函数:

$$F_E(\theta) = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right| \left| \cos \frac{\pi}{4}(1+3 \sin\theta) \right|$$

令 $\theta=90^\circ$ 得 H 面方向函数:

$$F_H(\varphi) = \left| \cos \frac{\pi}{4}(1+3 \cos\varphi) \right|$$

方向图如题 8.5 图(b)所示。

【1.1】 设一特性阻抗为 50Ω 的均匀传输线终端接负载 $R_l=100 \Omega$, 求负载反射系数 Γ_l , 在离负载 0.2λ , 0.25λ 及 0.5λ 处的输入阻抗及反射系数分别为多少?

解 终端反射系数为

$$\Gamma_l = \frac{R_l - Z_0}{R_l + Z_0} = \frac{100 - 50}{100 + 50} = \frac{1}{3}$$

根据传输线上任意一点的反射系数和输入阻抗的公式

$$\Gamma(z) = \Gamma_l e^{-j2\beta z} \quad \text{和} \quad Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma(z)}{1 - \Gamma(z)}$$

在离负载 0.2λ , 0.25λ , 0.5λ 反射系数和输入阻抗分别为

$$\Gamma(0.2\lambda) = \frac{1}{3} e^{-j0.8\pi}, \Gamma(0.25\lambda) = -\frac{1}{3}, \Gamma(0.5\lambda) = \frac{1}{3}$$

$$Z_{in}(0.2\lambda) = 29.43 \angle -23.79^\circ \Omega, Z_{in}(0.25\lambda) = 25 \Omega, Z_{in}(0.5\lambda) = 100 \Omega$$

(其中 $Z_0=50$ 欧姆, $\beta=2\pi/\lambda$)

4 矩形空腔 $a=5\text{cm}$, $b=4\text{cm}$, $l=6\text{cm}$, 求振荡主模式和振荡频率 f_0

(注: 谐振频率 $f_0=c*\sqrt{(a^2+l^2)}/2al$ 谐振波长 $\lambda_0=2al/\sqrt{(a^2+l^2)}$ 对于矩形波导其振荡主模式就为 TE_{101})

解 振荡主模式为: TE_{101}

$$f_0=c*\sqrt{(a^2+l^2)}/2al=3.91*10^9$$

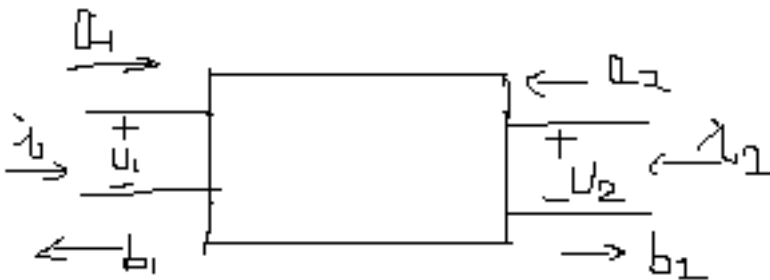
2-3 矩形波导截面尺寸为 $a \times b = 23\text{mm} \times 10\text{mm}$, 波导内充满空气, 信号源频率为 10GHz , 试求①波导中可以传播的模式 ②截止波长 λ_c , 相移常数 β , 波导波长 λ_g , 相速 V_p .

解: 信号波长为 $\lambda = \frac{c}{f} = 30\text{mm}$; $\lambda_{c\text{TE}_{10}} = 2a = 46\text{mm}$

$\lambda_{c\text{TE}_{20}} = a = 23\text{mm}$. \therefore 波导中可以传播的模式为 TE_{10} . $\lambda = \frac{c}{f} = 30\text{mm}$

$$\therefore \lambda_c = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}} = 46. \quad \beta = \sqrt{k^2 - k_c^2} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 - \left(\frac{2\pi}{\lambda_c}\right)^2} = 158.8$$

$$V_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{\beta} = 2.95 \times 10^8 \text{ m/s}. \quad \lambda_g = \frac{2\pi}{\beta} = 39.5\text{mm}$$



5. 矩阵 $[Z] = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}$, 求对应的散射矩阵 $[S]$

解: $\begin{cases} U_1 = a_1 + b_1 \\ U_2 = a_2 + b_2 \end{cases} \quad \begin{cases} U_1 = a_1 - b_1 \\ U_2 = a_2 - b_2 \end{cases}$

将上两式代入 $\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$

得: $\begin{bmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 - b_1 \\ a_2 - b_2 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} a_1 + b_1 = 4(a_1 - b_1) + 2(a_2 - b_2) \\ a_2 + b_2 = 2(a_1 - b_1) + 4(a_2 - b_2) \end{cases}$

$\Rightarrow \begin{cases} b_1 = \frac{4}{21}a_1 + \frac{11}{21}a_2 \\ b_2 = \frac{11}{21}a_1 + \frac{4}{21}a_2 \end{cases} \quad \therefore \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$

$\therefore S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{4}{21} & \frac{11}{21} \\ \frac{11}{21} & \frac{4}{21} \end{bmatrix}$

3. 矩形波导宽度为 $2a$, $a=0.7\lambda$, TE_{10} 模和 TE_{20} 模相差为 $\frac{\pi}{2}$, 求波导长度 L

解: $\lambda_{CTE_{10}} = 2 \times 2a = 4a \dots \textcircled{1}$ $\lambda_{TE_{10}} = \frac{2a}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_{CTE_{10}}})^2}} \dots \textcircled{2}$

$\lambda_{CTE_{20}} = 2a \dots \textcircled{3}$ $\lambda_{TE_{20}} = \frac{2a}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_{CTE_{20}}})^2}} \dots \textcircled{4}$

$\textcircled{1}$ 代入 $\textcircled{2}$, $\textcircled{3}$ 代入 $\textcircled{4} \Rightarrow \lambda_{TE_{10}} = \frac{3\sqrt{3}\pi}{7\lambda}$, $\lambda_{TE_{20}} = \frac{4\sqrt{6}\pi}{7\lambda}$

$\therefore |\phi_{TE_{10}} - \phi_{TE_{20}}| = \frac{\pi}{2} \therefore \left| \frac{2\pi}{\lambda_{TE_{10}}} \cdot L - \frac{2\pi}{\lambda_{TE_{20}}} \cdot L \right| = \frac{\pi}{2}$

$\Rightarrow L = \frac{1}{28\lambda} \left| \frac{1}{\frac{3\sqrt{3}\pi}{7\lambda}} - \frac{1}{\frac{4\sqrt{6}\pi}{7\lambda}} \right| = 0.46\lambda$

7. 输入功率 6W, 工作波长 3cm, 距离 30km, 发射、接收天线增益均为 30dB

求: (1) 离天线 r 处最大辐射方向上的场强 (2) 接收天线功率

解: $|E_0| = (\sqrt{60P_i G_i}) / r = 0.02 \text{V/m}$ $3.8 \times 10^{-8} \text{W}$

6. 输入功率 6W, 工作频率 10GHz, 距离 30km, 发射天线增益为 10dBi, 接收天线增益为 20dBi

求: (1) 离天线 r 处最大辐射方向上的场强 (2) 接收天线功率

解: 2×10^{-3} 3.8×10^{-11}

(注: 辐射功率为 P_s , 输入功率 P_i , 实际发射天线增益系数 G_i , 对于此题 $10 \lg G_i = 30 \text{dB}$, 即 $G_i = 10^3$)

则在离实际天线 r 处的最大辐射方向上的场强为 $|E_0| = (\sqrt{60P_i G_i}) / r$ 接收天线增益

系数 G_R , 有效接收面积 A_e , 则在距离发射天线 r 处的接收天线所接收的功率为

$P_R = S_0 \cdot A_e = P_i G_i / 4\pi r^2 \cdot \lambda^2 G_R / 4\pi$ 计算 G_i 单位是 dBd 时, 需 +2.56 再换算

自由空间基本传输损耗 $L_{bf} = P_i / P_R$, 用分贝表示为 $L_{bf} = 10 \lg P_i / P_R = 32.45 + 20 \lg f (\text{MHz}) + 20 \lg r (\text{km})$

$-G_i (\text{dB}) - G_R (\text{dB})$