北京航空航天大学

2007 ～2008 学年第 一 学期

微波技术 期末考试试卷标准答案（A）

一、（30 分）

1、单一频率电磁波等相位点（面）在单位时间内移动过的距离。（1 分）
调制波的包络波的相速度，是能量的实际传输速度。（1 分）

2、长线是传输线几何长度 l 与工作波长 λ 可以相比拟的传输线（1 分），（必须考虑波在传输中的相位变化效应），短线是几何长度 l 与工作波长 λ 相比可以忽略不计的传输线（1 分）（界限可以认为是 $l/\lambda \geq 0.05$）。

3、定义为传输线上入射电压与入射电流之比（1 分）。传输线的特性阻抗是表征传输线本身特性的物理量，均匀无耗传输线的特性阻抗取决于传输线的结构、尺寸、介质特性，与频率无关（1 分），实数（0.5 分）

4、传输线上电压最大值与最小值之比（1 分），取值范围：$1<\rho<\infty$（1 分）

行波状态：$\rho=1$（0.5 分）

驻波状态：$\rho=\infty$（0.5 分）

行驻波状态：$1<\rho<\infty$（0.5 分）

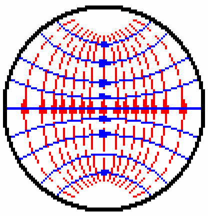
5、对角线元素 sjj，除第 j 端口接电源外，其余(n -1)个端口均接匹配负载时，第 j 端口的电压反射系数; （1 分）
非对角线元素 si j (i≠j)，除第 j 端口接电源外，其余(n -1)个端口均接匹配负载时，第 j 端口到第 i 端口的电压传输系数（1 分）

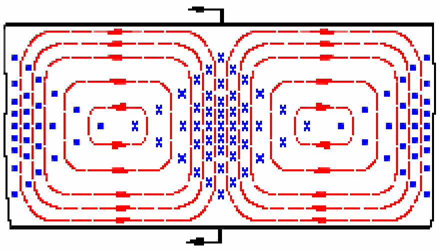
6、$[S]=\begin{bmatrix} 0 & e^{-\alpha l} \\ e^{-\alpha l} & 0 \end{bmatrix}$（每个元素 0.5 分）

7、当功率由主线的端口 1 向端口 2 传输时，如果端口 1、2、3 都接匹配负载（1 分），则副线只有一个端口(如端口 4)有耦合输出，（1 分） 另一个端口(如端口 3)无输出。（1 分）

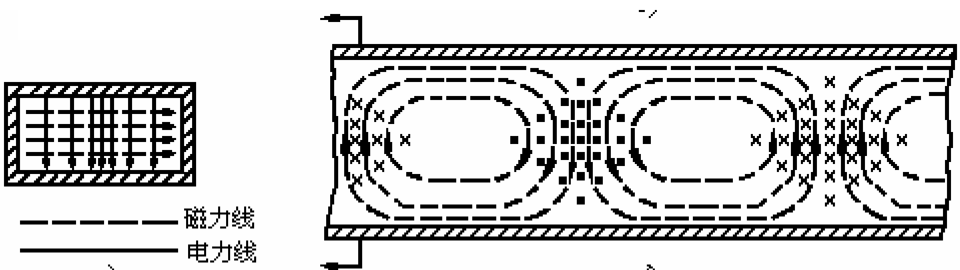
8、不同模式具有相同的特性（传输）参量叫做模式简并。（1 分）
矩形波导中，TEmn 与 TMmn（m、n 均不为零）互为模式简并。（1 分）
圆波导的简并有两种，一种是极化简并。其二是模式简并，（1 分）

9、5 分





10、 5 分



c) d)

二、(8 分)

$$[A]=[A_1][A_2](1分)=\begin{bmatrix}1 & 0\\ Y & 1\end{bmatrix}(2分)\begin{bmatrix}1 & Z\\ 0 & 1\end{bmatrix}(2分)=\begin{bmatrix}1 & Z\\ Y & YZ+1\end{bmatrix}(1分)$$

$$[\bar{A}]=\begin{bmatrix}a\sqrt{\dfrac{Z_{02}}{Z_{01}}} & \dfrac{b}{\sqrt{Z_{01}Z_{02}}}\\ c\sqrt{Z_{01}Z_{02}} & d\sqrt{\dfrac{Z_{01}}{Z_{02}}}\end{bmatrix}(2分)=\begin{bmatrix}1 & \bar{Z}\\ \bar{Y} & YZ+1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & \bar{Z}\\ \bar{Y} & \overline{YZ}+1\end{bmatrix}$$

三、（20 分）

(1)（8 分）

$$(\lambda_c)_{mn}=\frac{2}{\sqrt{\left(\dfrac{m}{a}\right)^2+\left(\dfrac{n}{b}\right)^2}}>20\ (2分) \qquad \left(\frac{m}{7.112}\right)^2+\left(\frac{n}{3.556}\right)^2<0.01$$

$$(\lambda_c)_{mn}=\frac{2}{\sqrt{\left(\dfrac{m}{a}\right)^2+\left(\dfrac{n}{b}\right)^2}}>6 \qquad \left(\frac{m}{7.112}\right)^2+\left(\frac{n}{3.556}\right)^2<0.16$$

波长为 20mm，$\dfrac{m^2}{50.58}+\dfrac{n^2}{12.65}<0.01$　　无模式可传（1 分）

波长为 6mm，$\dfrac{m^2}{50.58}+\dfrac{n^2}{12.65}<0.16$　　TE_{10}, TE_{20}, TE_{01}, TE_{11}, TM_{11}　（5 分）

（2）（7 分）

$$\lambda=\frac{3\times10^8}{30\times10^9}=0.01m \qquad （1 分）$$

$$\lambda_c=2a=2\times7.112=14.224mm$$

$$v_p=\frac{\omega}{\beta}=c\Big/\sqrt{1-(\lambda/2a)^2}\,(1.5分)=3\times10^8/\sqrt{1-(10/14.224)^2}=4.21\times10^8 m/s(0.5分)$$

$$v_g=\frac{d\omega}{d\beta}=c\sqrt{1-(\lambda/2a)^2}\,(1.5分)=3\times10^8\times\sqrt{1-(10/14.224)^2}=2.133\times10^8 m/s(0.5分)$$

$$\lambda_g=\frac{v_p}{f}=\lambda\Big/\sqrt{1-(\lambda/2a)^2}\,(1.5分)=10/\sqrt{1-(10/14.224)^2}=14.062mm(0.5分)$$

（3）5 分

$\lambda = \frac{3\times10^8}{10\times10^9} = 0.03m = 30mm$

$\lambda_c = 2a > \lambda > a$(2分） $b = 0.5a$ （1 分）

$\lambda/2 < a < \lambda$(1分）

因此：$\begin{cases} 15mm < a < 30mm \\ 7.5mm < b < 15mm \end{cases}$ （波长 1 分）

四、（7 分）

解法一、

$Z_{A1} = {Z_0}^2 / Z_L = 200\Omega$ （1 分）

$Z_{A1} = {Z_0}^2 / Z_L = \infty$ （1 分）

$Z_A = Z_{A1} // Z_{A2} = Z_{A1} // \infty = Z_{A2} = 200\Omega$ （1.5 分）

$Z_{in} = {Z_{01}}^2 // Z_A = 50^2 / 400 = 12.5\Omega$ （1.5 分）

解法二、

$\overline{z_L} = \frac{50}{100} = 0.5\Omega$ (0.5分）

$\overline{Z_1} = \frac{1}{0.5} = 2\Omega$ （0.5分）

$\overline{Y_1} // 0$ （1分）

$Z_1 = \overline{Z_1} * Z_{02} = 200\Omega$ （1分）

$\overline{Z_2} = \frac{200}{50} = 4\Omega$ （0.5分）

$\overline{Z_{in}} = \frac{1}{4}\Omega$ （0.5分）

$Z_{in} = \overline{Z_{in}} * Z_{01} = \frac{1}{4}\times 50 = 12.5\Omega$ （0.5分）

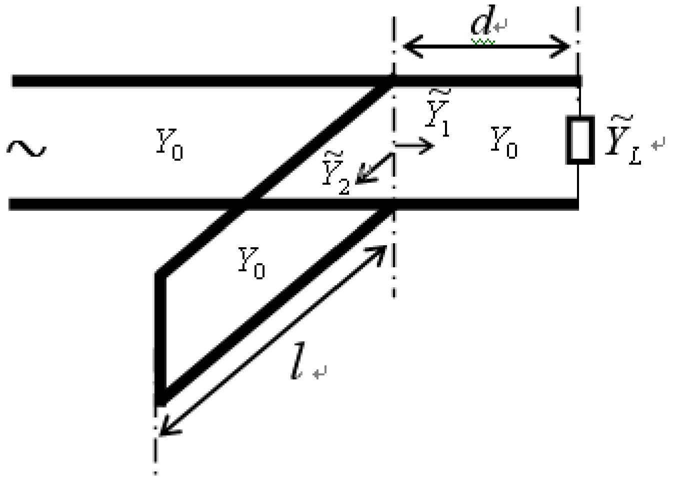
$\Gamma_C = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_{in} - Z_{01}}{Z_{in} + Z_{01}} = \frac{12.5-50}{12.5+50} = -0.6$（2 分）

五、（12 分）

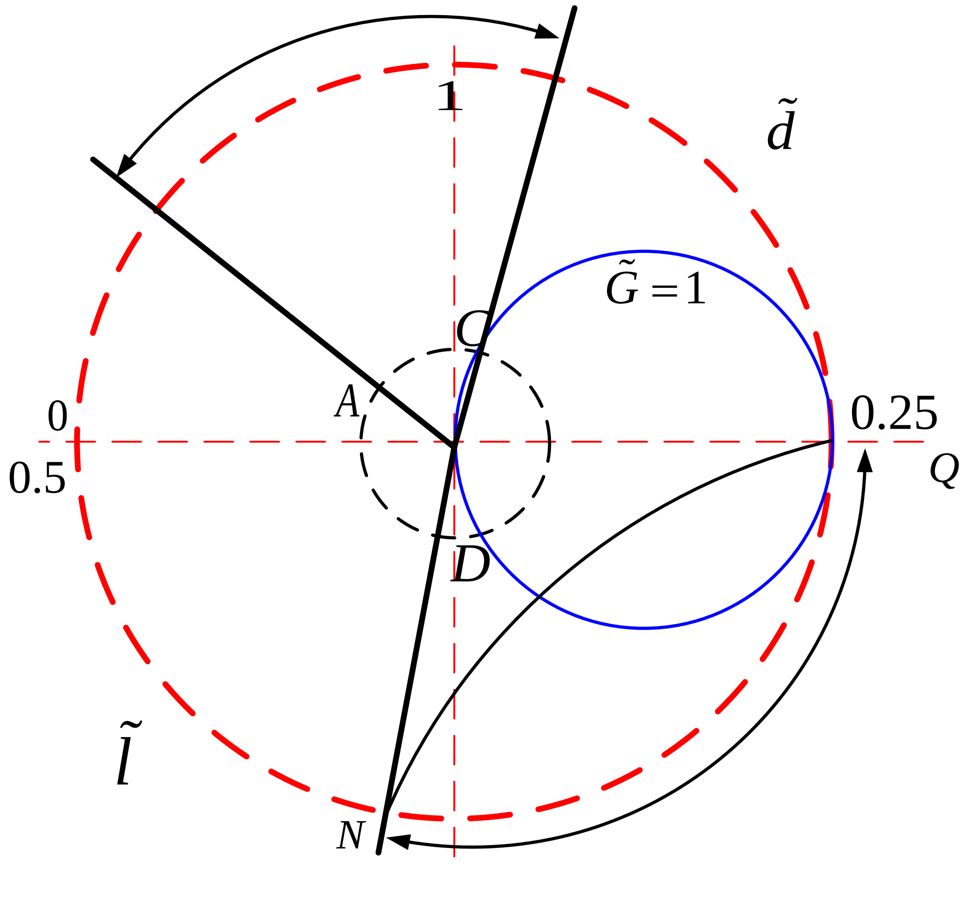
解：如图所示，单支节匹配器是在主传输线距离负载 d 处并联一个长度为 l 的短路支节使

$\tilde{Y}_1 + \tilde{Y}_2 = 1$。

（2 分）



（1 分）



（1）选取导纳圆图上一个点 A，以 OA 为半径做等反射系数圆，它与 $\tilde{G}=1$ 的圆相交于两点 C， D

$\tilde{Y}_C=1+jX$ ， $\tilde{Y}_D=1-jX$ （ $X>0$ ）（3 分）

（2）根据选解原则：离终端近、所需匹配短路支节的线短，选取其中的一点。（3 分）

如图所示选取其中的 C 点，$\tilde{Y}_1 = \tilde{Y}_C = 1 + jX$，因此$\tilde{Y}_2 = -jX$（$X > 0$）

（3）由 A 点顺时针转至 C 点，所转的波长数为$\tilde{d}$，则$d = \tilde{d}\lambda$　（1 分）

（4）由$\tilde{Y}_2 = jX$ 的点 N 逆时针转至导纳圆图的短路点Q，转过的波长数为$\tilde{l}$，则$l = \tilde{l}\lambda$

（2 分）

六、(15 分）

（1）（7 分）

$$\Gamma_2 = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}(1.5分) = \frac{50 + j100 - 50}{50 + j100 + 50} = \frac{j}{1 + j1} = 0.5 + 0.5j(0.5分)$$

$$\rho = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}(1.5分) = \frac{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}{1 - \frac{\sqrt{2}}{2}} = 3 + 2\sqrt{2} = 5.83(0.5分)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2\pi \times 40 \times 10^9}{3 \times 10^8} = \frac{800\pi}{3}(1分)$$

$$\Gamma(z) = \Gamma_2 e^{-j2\beta z}(2分)$$

（2）（8 分）

$$z = \phi_2 \lambda / 4\pi + n\lambda / 2 = \lambda / 16 + n\lambda / 2 = \frac{3}{6400}m + n\lambda / 2(\frac{24}{6400}n\ or \frac{3}{800}n) = 0.4688\text{mm} + n\lambda / 2(or 3.75mm)$$

（2 分）

$$Z_0\rho = R_{in}(波腹) = 50 \times 5.83(3 + 2\sqrt{2}) = 291.5\Omega(or 150 + 100\sqrt{2})$$ （1 分）

$$\Gamma = |\Gamma_2| = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$$ （1 分）

波节：

$$z = \phi_2 \lambda / 4\pi + (2n + 1)\lambda / 4 = 5\lambda / 16(or \frac{15}{6400}) + n\lambda / 2(\frac{24}{6400}n) = 2.345mm + n\lambda / 2(or 3.75mm)$$

若 n 取-n，得到

$$z = \phi_2 \lambda / 4\pi + (2n + 1)\lambda / 4 = 3\lambda / 16(or \frac{9}{6400}) + n\lambda / 2(\frac{24}{6400}n) = 1.406mm + n\lambda / 2(or 3.75mm)$$

（2 分）

$$R_{in}(波节) = \frac{Z_0}{\rho} = 50 / 5.83 = 8.576\Omega \quad [50 / (3 + 2\sqrt{2})\ \ or\ \ 50(3 + 2\sqrt{2}) = 150 - 100\sqrt{2}]$$（1 分）

$$\Gamma = -|\Gamma_2| = -\frac{\sqrt{2}}{2} = -0.707$$ （1 分）

七、(8 分）

$$b_1=\frac{1}{\sqrt{2}}\left(a_3+a_4\right)$$

$$b_2=\frac{1}{\sqrt{2}}\left(-a_3+a_4\right)$$ (每式1分)

$$b_3=\frac{1}{\sqrt{2}}\left(a_1-a_2\right)$$

$$b_4=\frac{1}{\sqrt{2}}\left(a_1+a_2\right)$$

加短路器

$$a_3=-b_3e^{-j2\beta l_3}$$
$$a_4=-b_4e^{-j2\beta l_4}$$
（每式 1 分）

带入求得

$$S=\begin{bmatrix}-\dfrac{e^{-j2\beta l_3}+e^{-j2\beta l_4}}{2} & \dfrac{e^{-j2\beta l_3}-e^{-j2\beta l_4}}{2}\\ \dfrac{e^{-j2\beta l_3}-e^{-j2\beta l_4}}{2} & -\dfrac{e^{-j2\beta l_3}+e^{-j2\beta l_4}}{2}\end{bmatrix}$$（1 分）

当 $e^{-j2\beta l_3}+e^{-j2\beta l_4}=0$ 时候，可以得到 $\begin{aligned}2\beta l_3&=2\beta l_4+(2n+1)\pi\\ l_3&=l_4+\frac{(2n+1)}{2\beta}\pi\end{aligned}$ 时候

$$S=\begin{bmatrix}0 & e^{-j2\beta l_3}\\ e^{-j2\beta l_3} & 0\end{bmatrix}$$，可以作为理想移相器使用（1 分）