

介质环加载喇叭的理论分析*

章日荣 刘顺祥 周康健
(石家庄通信研究所)

提 要

本文对介质环加载边界条件特征方程进行了求解, 导出了介质环加载波导与光壁波导连接处的模转换计算公式, 并且根据这些公式计算了文献[1]设计的介质环加载喇叭的辐射特性, 计算结果非常接近实测结果。

一、前 言

国内外用实验的方法研制成功了介质环加载喇叭^[1,2]。实践证明, 这种喇叭在25%频带上获得良好的轴对称和低旁瓣的辐射特性。但是, 直至目前为止, 我们还未看到在理论上对这种喇叭分析的文章。为此, 我们求解了介质环加载波导的边界条件特征方程, 得到了在一定的几何尺寸条件下的特征值。我们还导出了介质环加载波导与光壁波导之间的模转换计算公式^[3,4], 在理论上解决了介质环加载喇叭计算问题, 据此计算了文献[1]设计的喇叭, 所得的结果与实测结果很接近。表明我们导出的计算公式在工程上是可用的。我们正进一步在电子计算机上进行足够范围的计算, 以期得到介质环加载喇叭的通用的工程设计曲线。

二、介质环加载波导的边界条件特征方程及解

介质环加载波导示意图如图1。在图1中A截面与B截面之间为介质环加载波导, 在

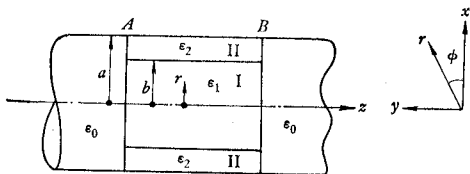


图1 介质环加载波导示意图

I区内的媒质的介电常数为 ϵ_1 , 在II区内的介电常数为 ϵ_2 。在I区内电磁场的表达式为:

* 1980年1月3日收到。

$$\begin{aligned}
 E_r^{(1)} &= \sum_i A_i^{(1)} \left\{ J'_m(x_i^{(1)}r) + \frac{k}{\gamma_i} C_i^{(1)} \frac{mJ_m(x_i^{(1)}r)}{(x_i^{(1)}r)} \right\} \sin m\phi \\
 E_\phi^{(1)} &= \sum_i A_i^{(1)} \left\{ \frac{mJ_m(x_i^{(1)}r)}{x_i^{(1)}r} + \frac{k}{\gamma_i} C_i^{(1)} J'_m(x_i^{(1)}r) \right\} \cos m\phi \\
 H_r^{(1)} &= -\frac{1}{Z_0} \sum_i A_i^{(1)} \left\{ \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} \frac{mJ_m(x_i^{(1)}r)}{x_i^{(1)}r} + C_i^{(1)} J'_m(x_i^{(1)}r) \right\} \cos m\phi \\
 H_\phi^{(1)} &= \frac{1}{Z_0} \sum_i A_i^{(1)} \left\{ \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} J'_m(x_i^{(1)}r) + C_i^{(1)} \frac{mJ_m(x_i^{(1)}r)}{x_i^{(1)}r} \right\} \sin m\phi \\
 E_z^{(1)} &= j \sum_i A_i^{(1)} \frac{x_i^{(1)}}{\gamma_i} J_m(x_i^{(1)}r) \sin m\phi \\
 H_z^{(1)} &= -j \sum_i A_i^{(1)} \frac{x_i^{(1)}}{\gamma_i} \frac{C_i^{(1)}}{Z_0} J_m(x_i^{(1)}r) \cos m\phi
 \end{aligned} \tag{1}$$

在 II 区内电磁场的表达式为:

$$\begin{aligned}
 E_r^{(2)} &= \sum_i A_i^{(2)} \left\{ [J'_m(x_i^{(2)}r) + P_i N'_m(x_i^{(2)}r)] + C_i^{(2)} \frac{k}{\gamma_i} \left[\frac{mJ_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + Q_i \frac{mN_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} \right] \right\} \sin m\phi \\
 E_\phi^{(2)} &= \sum_i A_i^{(2)} \left\{ \left[\frac{mJ_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} + P_i \frac{mN_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} \right] \right. \\
 &\quad \left. + C_i^{(2)} \frac{k}{\gamma_i} [J'_m(x_i^{(2)}r) + Q_i N'_m(x_i^{(2)}r)] \right\} \cos m\phi \\
 E_z^{(2)} &= j \sum_i A_i^{(2)} \frac{x_i^{(2)}}{\gamma_i} \{ J_m(x_i^{(2)}r) + P_i N_m(x_i^{(2)}r) \} \sin m\phi \\
 H_r^{(2)} &= -\sum_i \frac{1}{Z_0} A_i^{(2)} \left\{ \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_0} \left[\frac{mJ_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} + P_i \frac{mN_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} \right] \right. \\
 &\quad \left. + C_i^{(2)} [J'_m(x_i^{(2)}r) + Q_i N'_m(x_i^{(2)}r)] \right\} \cos m\phi \\
 H_\phi^{(2)} &= \frac{1}{Z_0} \sum_i A_i^{(2)} \left\{ \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_0} [J'_m(x_i^{(2)}r) + P_i N'_m(x_i^{(2)}r)] \right. \\
 &\quad \left. + C_i^{(2)} \left[\frac{mJ_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} + \frac{mN_m(x_i^{(2)}r)}{x_i^{(2)}r} \right] \right\} \sin m\phi \\
 H_z^{(2)} &= -j \frac{1}{Z_0} \sum_i A_i^{(2)} C_i^{(2)} \frac{x_i^{(2)}}{\gamma_i} [J_m(x_i^{(2)}r) + Q_i N_m(x_i^{(2)}r)] \cos m\phi
 \end{aligned} \tag{2}$$

上列各式中: J_m 为第一类贝塞尔函数; N_m 为第二类贝塞尔函数; x_i 为表征电磁场径向分布的特征值.

$$\begin{aligned}
 (x_i^{(1)})^2 &= \omega^2 \mu \varepsilon_1 - \gamma_i^2 \\
 (x_i^{(2)})^2 &= \omega^2 \mu \varepsilon_2 - \gamma_i^2
 \end{aligned} \tag{3}$$

式中, ω 为角频率; μ 为介质的导磁系数; ε_1 及 ε_2 为相应介质的介电常数; $Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon_0}}$ 为自由空间波阻抗; $k = \omega \sqrt{\mu \varepsilon_0}$ 为自由空间波常数; $A_i^{(1)}$, $A_i^{(2)}$ 表示介质环加载波导中各相应混

合模的大小及相位的模系数.

$$\left. \begin{aligned} P_i &= -J_m(x_i^{(2)}a)/N_m(x_i^{(2)}a) \\ Q_i &= -J'_m(x_i^{(2)}a)/N'_m(x_i^{(2)}a) \end{aligned} \right\} \quad (3')$$

当 $r = b$ 时, 即 (I) 区与 (II) 区的交界处, 各模电磁场与界面相切的分量应相等, 由此得到各混合模的边界条件特征方程为:

$$\left(\frac{k}{\gamma_i} \right)^2 \left[\frac{J_m(x_i^{(2)}b) + P_i N'_m(x_i^{(2)}b)}{J_m(x_i^{(2)}b) + P_i N_m(x_i^{(2)}b)} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_0} - \frac{\varepsilon_1 x_i^{(2)}}{\varepsilon_0 x_i^{(1)}} \frac{J'_m(x_i^{(1)}b)}{J_m(x_i^{(1)}b)} \right] \left[\frac{J'_m(x_i^{(2)}b) + Q_i N'_m(x_i^{(2)}b)}{J_m(x_i^{(2)}b) + Q_i N_m(x_i^{(2)}b)} - \frac{x_i^{(2)}}{x_i^{(1)}} \frac{J'_m(x_i^{(1)}b)}{J_m(x_i^{(1)}b)} \right] = \frac{m^2}{(x_i^{(2)}b)^2} \left[\left(\frac{x_i^{(2)}}{x_i^{(1)}} \right)^2 - 1 \right]^2 \quad (4)$$

$$C_i^{(1)} = \left\{ \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_0} \frac{J'_m(x_i^{(2)}b) + P_i N'_m(x_i^{(2)}b)}{J_m(x_i^{(2)}b) + P_i N_m(x_i^{(2)}b)} - \frac{k}{\gamma_i} \frac{\varepsilon_1 x_i^{(2)}}{\varepsilon_0 x_i^{(1)}} \frac{J'_m(x_i^{(1)}b)}{J_m(x_i^{(1)}b)} \right\} / \left\{ \frac{m}{x_i^{(2)}b} \left[\left(\frac{x_i^{(2)}}{x_i^{(1)}} \right)^2 - 1 \right] \right\} \quad (5)$$

$$C_i^{(2)} = C_i^{(1)} \frac{J_m(x_i^{(2)}b) + P_i N_m(x_i^{(2)}b)}{J_m(x_i^{(2)}b) + Q_i N_m(x_i^{(2)}b)} \quad (5)$$

$$\frac{A_i^{(1)}}{A_i^{(2)}} = \frac{J_m(x_i^{(2)}b) + P_i N_m(x_i^{(2)}b)}{J_m(x_i^{(1)}b)} \frac{x_i^{(2)}}{x_i^{(1)}} \quad (7)$$

(4) 式为边界条件特征方程, 以 (3) 式代入可以求解出特征值 $x_i^{(1)}$, $x_i^{(2)}$. 以特征值 $x_i^{(1)}$, $x_i^{(2)}$ 代入 (5) — (7) 式即可求定 (1) 式及 (2) 式的电磁场表达式中的各个参数.

三、介质环加载与光壁波导连接处的模转换

略去反射波, 并令在界面上两侧的电场切向分量相等, 并利用各模之间的正交性, 可以导出界面上的模转换系数^[3]. 由于忽略了反射波, 由界面上两侧电场切向分量相等求得模转换系数, 与由界面上两侧磁场切向分量相等求得的模转换系数不相等, 我们取两者的几何平均值作为模转换系数的值. 由文献[3]求得的模转换系数表达式相当复杂, 正在用电子计算机进行计算以求得工程上的通用设计曲线. 为了便于手算, 我们对模转换系数的求解作了一些近似处理. 由于介质环的壁厚 $a - b$ 远小于 a , 故在求解模转换系数时 (II) 区的场不是重要的, 而只是由 (I) 区的场起主要作用. 在这里我们把 (I) 区的场表达式扩展至 (II) 区, 即整个介质环波导内的场近似看作由 (1) 式决定 (而 (1) 式中的特征值 $x_i^{(1)}$ 已在第二节中解决). 经过这样的近似处理, 我们得到了两个界面的模转换简化表达式^[4]如下:

在图 1 的 A 截面上由左侧的光壁波导的 TE_{mi} 模或 TM_{mi} 模转化为右侧的介质环加载波导的混合模 c_{mp} 的模转换系数为

$$\left. \begin{aligned} \frac{A_p^{(1)}}{A_i} &= \frac{\sqrt{\alpha_{p_i}^E \alpha_{p_i}^H}}{\phi_p} \\ \frac{A_p^{(1)}}{B_i} &= \frac{\sqrt{\xi_{p_i}^E \xi_{p_i}^H}}{\phi_p} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

在图 1 的 B 截面上, 由左侧的介质环加载波导的混合模 C_{mp} 转化为右侧的光壁波导的 TE_{mj} 模或 TM_{mj} 模的模转换系数为

$$\left. \begin{aligned} \frac{A_j}{A_p^{(1)}} &= \frac{\sqrt{\alpha_{pj}^E \alpha_{pj}^H}}{w_{Aj}} \\ \frac{B_j}{A_p^{(1)}} &= \frac{\sqrt{\xi_{pj}^E \xi_{pj}^H}}{w_{Bj}} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

上列各式中,

$$\begin{aligned} \phi_p &= \left(\frac{k}{\gamma_p} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} + \frac{k}{\gamma_p} (C_p^{(1)})^2 \right) a^2 \left\{ \frac{J_m(x_p^{(1)} a)}{x_p^{(1)} a} J'_m(x_p^{(1)} a) + \frac{1}{2} [J'_m(x_p^{(1)} a)]^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{m}{x_p^{(1)} a} \right)^2 \right] J_m^2(x_p^{(1)} a) \right\} + \left[C_p^{(1)} + \left(\frac{k}{\gamma_p} \right)^2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} C_p^{(1)} \right] \frac{a^2}{m} \left[\frac{m J_m(x_p^{(1)} a)}{x_p^{(1)} a} \right]^2 \end{aligned} \quad (10)$$

$$w_{Aj} = \frac{a^2}{2} \left[1 - \left(\frac{m}{k'_{cj} a} \right)^2 \right] J_m^2(k'_{cj} a) \quad (11)$$

$$w_{Bj} = \frac{a^2}{2} [J'_m(k_{cj} a)]^2 \quad (12)$$

$$\alpha_{pi}^E = \frac{k}{\gamma_p} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} \frac{a^2}{m} \left[\frac{m J_m(x_p^{(1)} a)}{x_p^{(1)} a} \frac{m J_m(k'_{ci} a)}{k'_{ci} a} \right] + a^2 C_p^{(1)} \left[\frac{k'_{ci} a J'_m(x_p^{(1)} a) J_m(k'_{ci} a)}{(k'_{ci} a)^2 - (x_p^{(1)} a)^2} \right] \quad (13)$$

$$\alpha_{pi}^H = \frac{k}{\gamma_p} C_p^{(1)} a^2 \frac{k'_{ci} a J'_m(x_p^{(1)} a) J_m(k'_{ci} a)}{(k'_{ci} a)^2 - (x_p^{(1)} a)^2} + \frac{a^2 m J_m(x_p^{(1)} a)}{m x_p^{(1)} a} \frac{m J_m(k'_{ci} a)}{k'_{ci} a} \quad (14)$$

$$\xi_{pi}^E = \frac{k}{\gamma_p} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} a^2 \frac{x_p^{(1)} a J'_m(k_{ci} a) J_m(x_p^{(1)} a)}{(x_p^{(1)} a)^2 - (k_{ci} a)^2} \quad (15)$$

$$\xi_{pi}^H = a^2 \frac{x_p^{(1)} a J'_m(k_{ci} a) J_m(x_p^{(1)} a)}{(x_p^{(1)} a)^2 - (k_{ci} a)^2} \quad (16)$$

A 截面左侧及 B 截面右侧光壁波导的电磁场 TE_{mi} 模的模系数为 A_i , TM_{mi} 模的模系数为 B_i , 其电磁场表达式为

$$\left. \begin{aligned} E_r &= \sum_i \left[A_i \sqrt{\frac{k}{\beta'_i}} \frac{m J_m(k'_{ci} r)}{k'_{ci} r} + B_i \sqrt{\frac{\beta'_i}{k}} J'_m(k_{ci} r) \right] \sin m\phi \\ E_\phi &= \sum_i \left[A_i \sqrt{\frac{k}{\beta'_i}} J'_m(k'_{ci} r) + B_i \sqrt{\frac{\beta'_i}{k}} \frac{m J_m(k_{ci} r)}{k_{ci} r} \right] \cos m\phi \\ H_r &= -\frac{1}{Z_0} \sum_i \left[A_i \sqrt{\frac{\beta'_i}{k}} J'_m(k'_{ci} r) + B_i \sqrt{\frac{k}{\beta'_i}} \frac{m J_m(k_{ci} r)}{k_{ci} r} \right] \cos m\phi \\ H_\phi &= \frac{1}{Z_0} \sum_i \left[A_i \sqrt{\frac{\beta'_i}{k}} \frac{m J_m(k'_{ci} r)}{k'_{ci} r} + B_i \sqrt{\frac{k}{\beta'_i}} J'_m(k_{ci} r) \right] \sin m\phi \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

式中, $k_{ci} a$ 为 J_m 的第 i 个根; $k'_{ci} a$ 为 J'_m 的第 i 个根;

$$(k_{ci} a)^2 = (ka)^2 - (\beta'_i a)^2; \quad (k'_{ci} a)^2 = (ka)^2 - (\beta'_i a)^2.$$

四、介质环加载喇叭计算

我们用上文所述方法计算了文献[1]设计的介质环加载喇叭,这个喇叭的尺寸如图 2 所示.

由电子计算机解(4)~(7)式得 A 及 B 截面的混合模各参数如表 1 及表 2 所示.

以表 1 各数值代入(8)式,得在 A 截面左侧来波 TE₁₁ 模转化为右侧的混合模为

$$C_{11} \text{ 模, } A_1^{(1)} = -1.16459;$$

$$C_{12} \text{ 模, } A_2^{(1)} = 0.14528;$$

$$C_{13} \text{ 模, } A_3^{(1)} = -0.00018347.$$

这些混合模传输到 B 截面左侧,需要引入各模的传输相差及功率归一化因子

$$\sqrt{\frac{\phi_p(A)}{\phi_p(B)}},$$

$\phi_p(A)$ 为 A 截面的 ϕ_p , $\phi_p(B)$ 为 B 截面的 ϕ_p , 由 (10) 式及表 1 与表 2 的参数计算求值. 由此得 B 截面左侧各混合模的模系数为

$$C_{11} \text{ 模, } A_1^{(1)} = 1.16459e^{i17.7^\circ} \cdot \sqrt{\frac{\phi_1(A)}{\phi_1(B)}};$$

$$C_{12} \text{ 模, } A_2^{(1)} = 0.14528e^{-j19.8^\circ} \cdot \sqrt{\frac{\phi_2(A)}{\phi_2(B)}};$$

$$C_{13} \text{ 模, } A_3^{(1)} = 0.0001835e^{j82.6^\circ} \cdot \sqrt{\frac{\phi_3(A)}{\phi_3(B)}}.$$

以表 2 的各参数代入(8)式和(9)式,可得 B 截面左侧各混合模转化为右侧光壁波导的 TE_{1j} 模及 TM_{1j} 模的模转换系数 $A_j/A_p^{(1)}$ 及 $B_j/A_p^{(1)}$. 各个模转换系数乘以各自对应的 B 截面左侧混合模 c_{1p} 的模系数 $A_p^{(1)}$, 即得到 B 截面右侧的 TE_{1j} 模及 TM_{1j} 模的模系

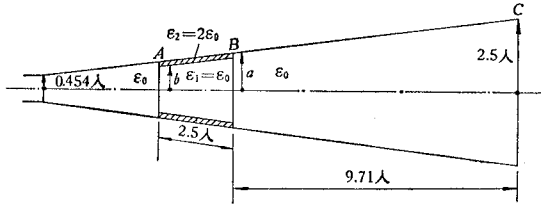


图 2 介质环加载喇叭

在 A 截面处 $a = 0.89\lambda, b = 0.81\lambda$
 在 B 截面处 $a = 1.17\lambda, b = 1.09\lambda$
 介质环壁厚 0.08λ

表 1 A 截面右侧介质环加载混合模的各参数

混合模	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃
$x_i^{(1)}a$	1.16682	3.5724	5.2801
$x_i^{(2)}a$	5.71	6.64	7.69
$C_i^{(1)}$	-1.617	0.0816	-64.835
$C_i^{(2)}$	-3.217	0.0184	48.391
Q_i	0.387	3.235	-1.102
P_i	-3.484	-0.396	0.793
$\gamma_i a$	5.45	4.3	1.84
$A_i^{(1)}$	-6.617	-1.51	1.193
$A_i^{(2)}$			

表 2 B 截面左侧介质环加载混合模的各参数

混合模	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
$x_i^{(1)}a$	0.41289	3.38612	5.2837	6.9434
$x_i^{(2)}a$	7.35	8.098	9.04	10.1
$C_i^{(1)}$	-1.047	0.139	-22.567	0.0312
$C_i^{(2)}$	0.262	-0.173	-34.167	0.000311
Q_i	-2.276	-0.467	0.56	89.628
P_i	0.359	1.832	-2.045	-0.0614
$\gamma_i a$	7.34	6.53	5.12	2.42
$A_i^{(1)}$	-15.037	-2.759	-2.002	-1.486
$A_i^{(2)}$				

数为

$$\begin{aligned} TE_{11} \text{ 模 } A_1 &= 0.678645e^{i199.07^\circ}; \\ TM_{11} \text{ 模 } B_1 &= 0.382431e^{i6.63^\circ}; \\ TE_{12} \text{ 模 } A_2 &= 0.044973e^{-i6.2^\circ}; \\ TM_{12} \text{ 模 } B_2 &= 0.121879e^{i93.55^\circ}. \end{aligned}$$

B 截面右侧的 TE 模及 TM 模传到喇叭口 C 截面左侧, 也需要引入对应的传输相差, 并经变张角转换为喇叭口右侧的 TE 模及 TM 模, 这可以用文献[5]中阐述过的方法计算. 由此我们得到喇叭口上的各模的系数为

$$\begin{aligned} TE_{11} \text{ 模, } A_1 &= 0.663183e^{-i9.17^\circ}; \\ TM_{11} \text{ 模, } B_1 &= 0.415229e^{i6.88^\circ}; \\ TE_{12} \text{ 模, } A_2 &= 0.072199e^{i87.2^\circ}; \\ TM_{12} \text{ 模, } B_2 &= 0.119596e^{i183.68^\circ}; \\ TE_{13} \text{ 模, } A_3 &= 0.019114e^{-i89.87^\circ}. \end{aligned}$$

上述一系列求解由 A 截面左侧到 C 截面右侧的模转换计算过程以矩阵表示如下:

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \frac{A_i}{B_1} \\ \vdots \\ B_j \end{bmatrix}_C = [T^C][\Phi^C] \begin{bmatrix} T_{ip}^B \\ T_{jp}^B \end{bmatrix} [\Phi^{A-B}] [A_{pi}^A | T_{pj}^A] \begin{bmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \frac{A_i}{B_1} \\ \vdots \\ B_j \end{bmatrix} \quad (18)$$

式中, $[T_{pi}^A | T_{pj}^A]$ 为 A 截面的模转换矩阵; 其元素为: $T_{pi}^A = \frac{A_p^{(1)}}{A_i}$, $T_{pj}^A = \frac{A_p^{(1)}}{B_j}$, 由(8)式计算.

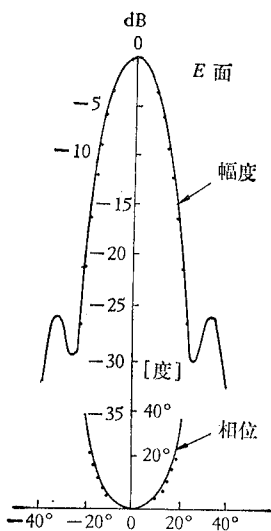


图3 E 面辐射场的幅相图
计算值—— 实测值·····

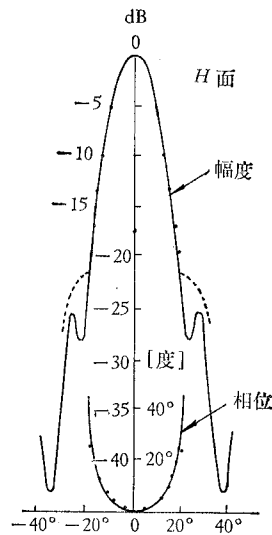


图4 H 面辐射场的幅相图
计算值—— 实测值·····

$\begin{bmatrix} T_{ip}^B \\ T_{pj}^B \end{bmatrix}$ 为 B 截面的模转换矩阵; 其元素为: $T_{ip}^B = \frac{A_i}{A_p^{(1)}}$, $T_{jp}^B = \frac{B_j}{A_p^{(1)}}$, 由(9)式计算。

$[\Phi_p^{A-B}]$ 为各混合模由 A 截面传至 B 截面的传输矩阵。除主对角线外的元素均为零, 主对角线元素为:

$$\Phi_p^{A-B} = \sqrt{\frac{\psi_p(A)}{\psi_p(B)}} e^{-j \int_0^l \gamma_p \cos a dl}$$

$[\Phi^c]$ 为光壁波导各模的传输矩阵, $[T^c]$ 为 C 截面的模转换矩阵均见文献[5]的(11)式。

以各模系数 A_1, B_1, A_2, B_2, A_3 代入文献[5]的(14)式即可得到喇叭的辐射特性的计算值如图3及图4。图2所示喇叭的辐射特性的实验值亦同列于图3及图4。可见计算值与测试值的差别是很小的。

五、结 束 语

用文中公式计算得到的特征值及模转换系数, 计算介质环加载喇叭的辐射特性与测试值非常接近。这表明文中所导出的公式是可以用于工程设计的。根据本文及文献[3]的公式, 若用电子计算机算出介质环加载喇叭的工程设计通用曲线是有意义的, 我们正在进行中。

本文的(10)–(16)式是对(II)区的场作了近似处理而得到的结果。而对(II)区的场如仍严格按照(2)式则可以得出更准确的模转换系数计算式^[3]。但计算结果表明, 两者之差甚微, 在主瓣范围内相差在0.5 dB以内; 而本文的(10)–(16)式比文献[3]给出的较严格的计算式简单得多, 因而用于工程设计更方便。

参 考 文 献

- [1] 杨世华, “介质加载喇叭”, 新乡天线会议录, 1977, 4, (待印)。
- [2] Toshio sato, IEEE Trans, On AP, AP-20 (1972), 199.
- [3] 章日荣、刘顺祥等, “光壁波导与介质充填波导的模转换”, 本所内部资料, 1976.7.
- [4] 章日荣, “介质环加载波导与光壁波导模转换的近似计算”, 本所内部资料, 1978. 12.
- [5] 章日荣、李凤芝, “复合式多模喇叭”, 电子学报, 1978, 第2期, 第9页。

THEORETICAL ANALYSIS OF THE DIELECTRIC LOADED HORN

Zhang Ri-rong, Liu Shun-xang, Zhou Kang-jian

(Shijiazhuang Institute of Communication)

This paper gives a solution of the characteristic equations of the boundary conditions of the dielectric ring loaded horn. This leads to transformation formulas for the connecting boundary of the dielectric ring loaded waveguide and smooth walled waveguide. Using these formulas, the radiation characteristics of the dielectric ring loaded horn according to the design in reference [1] are found. The calculated values are very close to experimental results.