

第一章

1. 均匀传输线（规则导波系统）：截面尺寸、形状、媒质分布、材料及边界条件均不变的导波系统。

2. 均匀传输线方程，也称电报方程。

3. 无色散波：对均匀无耗传输线，由于 β 与 ω 成线性关系，所以导行波的相速 v_p 与频率无关，称为无色散波。色散特性：当传输线有损耗时， β 不再与 ω 成线性关系，使相速 v_p 与频率 ω 有关，这就称为色散特性。

$$Z_{in}(z) = \frac{U_1 \cos(\beta z) + jI_1 Z_0 \sin(\beta z)}{I_1 \cos(\beta z) + j\frac{U_1}{Z_0} \sin(\beta z)} = Z_0 \frac{Z_1 + jZ_0 \tan(\beta z)}{Z_0 + jZ_1 \tan(\beta z)} \quad \lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{v_p}{f} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

任意相距 $\lambda/2$ 处的阻抗相同，称为 $\lambda/2$ 重复性

性 z_1 终端负载

$$\Gamma(z) = \frac{A_2 e^{-j\beta z}}{A_1 e^{j\beta z}} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} e^{-j2\beta z} = \Gamma_1 e^{-j2\beta z} \quad \Gamma_1 = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} = |\Gamma_1| e^{j\phi}$$

终端反射系数 均匀无耗传输线上，任意点反射系数 $\Gamma(z)$ 大小均相等，沿线只有相位按周期变化，其周期为 $\lambda/2$ ，即反射系数也具有 $\lambda/2$ 重复性

$$\Gamma(z) = \frac{Z_{in}(z) - Z_0}{Z_{in}(z) + Z_0} \quad Z_{in}(z) = \frac{U(z)}{I(z)} = Z_0 \frac{1 + \Gamma(z)}{1 - \Gamma(z)} \quad |\Gamma_1| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} \quad \rho = \frac{1 + |U_-|/|U_+|}{1 - |U_-|/|U_+|} = \frac{1 + |\Gamma_1|}{1 - |\Gamma_1|}$$

电压驻波比 其倒数称为行波系数，用 K 表示

波系数，用 K 表示

5. 行波状态就是无反射的传输状态，此时反射系数 $\Gamma_1 = 0$ ，负载阻抗等于传输线的特性阻抗，即 $Z_1 = Z_0$ ，称此时的负载为匹配负载。综上所述，对无耗传输线的行波状态有以下结论：① 沿线电压和电流振幅不变，驻波比 $\rho = 1$ ；

② 电压和电流在任意点上同相；③ 传输线上各点阻抗均等于传输线特性阻抗

6. 终端负载短路：负载阻抗 $Z_1 = 0$ ， $\Gamma_1 = -1$ ， $\rho \rightarrow \infty$ ，传输线上任意点 z 处的反射系数为 $\Gamma(z) = -e^{-j2\beta z}$

此时传输线上任意一点 z 处的输入阻抗为

① 沿线各点电压和电流振幅按余弦变化，电压和电流相位差 90° ，功率为无功功率，即无能量传输；② 在 $z = n\lambda/2$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 处电压为零，电流的振幅值最大且等于 $2|A_1|/Z_0$ ，称这些位置为电压波节点；在 $z = (2n+1)\lambda/4$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 处电压的振幅值最大且等于 $2|A_1|$ ，而电流为零，称这些位置为电压波腹点。③ 传输线上各点阻抗为纯电抗，在电压波节点处 $Z_{in} = 0$ ，相当于串联谐振，在电压波腹点处 $|Z_{in}| \rightarrow \infty$ ，相当于并联谐振，在 $0 < z < \lambda/4$ 内， $Z_{in} = jX$ 相当于一个纯电感，在 $\lambda/4 < z < \lambda/2$ 内， $Z_{in} = -jX$ 相当于一个纯电容，从终端起每隔 $\lambda/4$ 阻抗性质就变换一次，这种特性称为 $\lambda/4$ 阻抗变换性。

$$l_{s1} = \frac{\lambda}{2\pi} \arctan\left(\frac{X_1}{Z_0}\right) \quad l_{oc} = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{arccot}\left(\frac{X_c}{Z_0}\right)$$

短路线 l_{s1} 开路线 l_{oc}

9. 无耗传输线上距离为 $\lambda/4$ 的任意两点处阻抗的乘积均等于传输线特性阻抗的平方，这种特性称之为 $\lambda/4$ 阻抗变换性。

10. 负载阻抗匹配的方法 基本方法：在负载与传输线之间接入一个匹配装置（或称匹配网络），使其输入阻抗等于传输线的特性阻抗 Z_0 。

对匹配网络的基本要求：简单易行、附加损耗小、频带宽、可调节以匹配可变的负载阻抗。

实现手段分类：串联 $\lambda/4$ 阻抗变换器法、支节调配器法

(1) 因此当传输线的特性阻抗 $Z_{01} = \sqrt{Z_0 R_1}$ 时，输入端的输入阻抗 $Z_{in} = Z_0$ ，从而实现了负载和传输

$$\text{短路支节: } \frac{l_{sc}}{\lambda} = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{X_s}{Z_0}\right) = \frac{-1}{2\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{X}{Z_0}\right)$$

$$\text{开路支节: } \frac{l_{oc}}{\lambda} = \frac{-1}{2\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{Z_0}{X_s}\right) = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{Z_0}{X}\right)$$

线间的阻抗匹配(2) 串联

若求出的长度为负值，则加上 $\lambda/2$ 取

$$\text{短路支节: } \frac{l_{sc}}{\lambda} = \frac{-1}{2\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{Y_0}{B_s} \right) = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{Y_0}{B} \right)$$

$$\text{开路支节: } \frac{l_{oc}}{\lambda} = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{B_s}{Y_0} \right) = \frac{-1}{2\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{B}{Y_0} \right)$$

其正的结果 并联
正的结果

若求出的长度为负值，则加上 $\lambda/2$ 取其

11.练习：设无耗传输线的特性阻抗为 50Ω ，工作频率为 300 MHz ，终端接有负载 $Z_L = 25 + j75 (\Omega)$ ，试求串联短路匹配支节离负载的距离 L_1 及短路支节的长度 L_2 。

第二章

1.规则金属波导的特征：沿轴线方向，横截面形状、尺寸及填充媒质的电参数和分布状态均不变化的无限长的直波导。管壁材料一般由铜、铝等金属制成。

2.规则金属波导的特点，规则金属波导仅有一个导体，不能传播 TEM 导波；每种导模都具有相应的截止波长 λ_c （或 f_c ），只有满足条件 $\lambda_c > \lambda$ （工作波长）或 $f_c < f$ 才能传输。

3. $k_c^2 = k^2 - \beta^2$ 为传输系统的本征值 当 $\beta = 0$ 时，意味着波导系统不再传播，亦称为截止，此时 $k_c = k$ ，故将 k_c 称为截止波数

4.描述波导传输特性的主要参数有：相移常数、截止波数、相速、波导波长、群速、波阻抗及传输功率

5.导行波的分类 $k_c^2 = 0$, 即 $k_c = 0$ 此时 $E_z = 0$ 和 $H_z = 0$ TEM 波 $k_c^2 > 0$ 将 $E_z \neq 0$ 而 $H_z = 0$ 的波称为磁场纯横向波，简称 TM 波 将 $E_z = 0$ 而 $H_z \neq 0$ 的波称为电场纯横向波，简称 TE 波 快波：TM 波和 TE 波，其相速 $v_p = \omega / \beta > c$ 均比无界媒质空间中的速度要快，故称之为快波

$$\lambda_{cTE_{nm}} = \lambda_{cTM_{nm}} = \frac{2\pi}{k_{c_{nm}}} = \frac{2}{\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2}} = \lambda_c$$

6. TE₁₀ 模特点：场结构简单、稳定、频带宽和损耗小

7.管壁电流：波导中传输微波信号时在金属波导内壁上产生的感应电流研究波导管壁电流结构的意义：波导损耗的计算需要知道波导管壁电流；实际应用中，波导元件的连接及通过在波导壁上开槽或孔以做成特定用途的元件，此时接头与槽孔的位置就不应破坏波导管壁电流的通路，否则将严重破坏原波导内的电磁场分布，引起辐射和反射，影响功率的有效传输；当需要在波导壁上开槽做成缝隙天线时，开槽应切断管壁电流。矩形波导 TE₁₀ 模的管壁电流与管壁上的辐射性和非辐射性

8.圆波导的主模：TE₁₁ 模 $\lambda_{cTE_{11}} = 3.41a$ ； $\lambda_{cTM_{01}} = 2.61a$ ； $\lambda_{cTE_{01}} = 1.64a$

电场激励：把激励装置放在波导中所需模式电场最强的位置，并使其产生的电场与所需模式电场一致 磁场激励 把激励装置放在波导中所需模式磁场最强处，并使其产生的磁场与所需模式磁场一致。电流激励当用馈电波导去激励另一波导时，常采用孔激励。由于波导开口处的辐射类似于电流元的辐射，故称电流激励。

第六章

1.用来辐射和接收无线电波的装置称为天线

2.天线应有以下功能 ① 天线应能将导波能量尽可能多地转变为电磁波能量。这首先要求天线是一个良好的电磁开放系统，其次要求天线与发射机或接收机匹配。 ② 天线应使电磁波尽可能集中于确定的方向上，或对确定方向的来波最大限度的接收，即天线具有方向性。 □

③ 天线应能发射或接收规定极化的电磁波，即天线有适当的极化。 □ ④ 天线应有足够的工作频带新功能：对传递的信息进行一定的加工和处理，如信号处理天线、单脉冲天线、自适应天线和智能天线等。

3.天线的分类：

按用途：通信天线、广播电视天线、雷达天线等；

按工作波长：长波天线、中波天线、短波天线、超短波天线和微波天线等；

按辐射元的类型：线天线和面天线。所谓线天线由半径远小于波长的金属导线构成；面天线由尺寸大于波长的金属或介质面构成的。

4. 电基本振子是一段长度远小于波长，电流 I 振幅均匀分布、相位相同的直线电流元，它是线天线的基本组成部分，任意线天线均可看成是由一系列电基本振子构成。

5.

$$E_{\theta} = j \frac{60\pi I l}{r\lambda} \sin\theta e^{-jkr}$$

$$H_{\phi} = j \frac{I l}{2r\lambda} \sin\theta e^{-jkr}$$

电基本振子的远区场 ① 电基本振子的远区场是一个沿着径向向外传播的横电磁波，所以远区场又称**辐射场**；在不同的方向上，辐射强度是不相等的，说明电基本振子的辐射有**方向性**。

$$F(\theta, \phi) = \frac{|E(\theta, \phi)|}{|E(\theta, \phi)|_{\max}}$$

6. 场强振幅归一化方向性函数

6. **主瓣宽度：半功率波瓣宽度**：方向图主瓣两个半功率点之间的宽度，在场强方向图中，等于最大场强的 $1/\sqrt{2}$ 两点之间的宽度；**零功率波瓣宽度**：头两个零点之间的角宽

7. 第一旁瓣电平的高低，在某种意义上反映了天线方向性的好坏。如旁瓣电平较低的天线并不表明集束能力强，而旁瓣电平小也并不意味着天线方向性必然好。

$$8. D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |F(\theta, \phi)|^2 \sin\theta d\theta d\phi} \quad \text{输入点电流实际天线的有效长度} \quad L_e = \frac{1}{I_0} \int_{-L}^L I(z) dz$$

9. **收发互易性：同一天线作为发射和接收时的电参数相同**

$$A_e = \frac{\lambda^2}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |F(\theta, \phi)|^2 \sin\theta d\theta d\phi}$$

10. 接收天线的有效接收面积

11. **接收天线的方向性** ① **主瓣宽度尽可能窄，以抑制干扰** ② **旁瓣电平尽可能低** ③ **天线方向图中最好能有一个或多个可控制的零点**

第七章

1. **电波传播方式**：视距传播；天波传播；地面波传播；不均匀媒质传播

$$2. \text{Friis传输公式: } S_0 = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2} \quad S_0 = \frac{1}{2} \operatorname{Re}(E \times H^*) = \frac{|E_0|^2}{240\pi}$$

3. **衰落现象** □ 衰落：指信号电平随时间的随机起伏。分类：吸收型衰落和干涉型衰落。 □ **吸收型衰落**：主要是由于传输媒质电参数的变化，使得信号在媒质中的衰减发生相应的变化而引起的。**慢衰落**：由上述原因引起的信号电平的变化较慢，称为慢衰落（图7-1(a)）**干涉型衰落**：由随机多径干涉现象引起的。在某些传输方式中，由于收、发两点间存在若干条传播路径，典型的如天波传播、不均匀媒质传播等。**快衰落**：多径干涉引起的信号起伏周期很短，信号电平变化很快

4. **视距传播**：指发射天线和接收天线处于相互能看见的视线距离内的传播方式。可用于地面通信、卫星通信以及雷达等

第八章

1. **元因子**：表示组成天线阵的单个辐射元的方向图函数，其值仅取决于天线元本身的类型和尺寸。体现了天线元的方向性对天线阵方向性的影响。**阵因子**：表示各向同性元所组成的天线阵的方向性，其值取决于天线阵的排列方式及其天线元上激励电流的相对振幅和相位，与天线元本身的类型和尺寸无关。

2. **方向图乘积定理**：在各天线元为相似元的条件下，天线阵的方向图函数是单元因子与阵因子之积。

3. **宽频带天线**：阻抗、方向图等电特性在一倍频程（ $f_{\max}/f_{\min}=2$ ）或几倍频程范围内无明显变化的天线；**非频变天线**：阻抗、方向图等电特性在更大频程范围内（如 $f_{\max}/f_{\min} \geq 10$ ）基本不变化的天线。

4. **智能天线分类**（1）、**切换波束天线**：具有有限数目的、固定的、预定义的方向图（2）、**自适应阵列天线** 采

用高级信号处理算法从接收到的信号中分辨出期望信号、干扰信号以及它们的方向和相关性，并利用这些信息分别对期望信号和干扰信号加以增强和抑制。同时不断地自适应地形成新的波束实现动态跟踪，始终保持使主瓣指向期望用户，而将干扰信号置零。

5.智能天线对移动通信系统的性能改善：1、提高频谱利用效率，增大系统容量 2、克服远近效应，实现空时多用户检测 3、减小电磁污染及相互干扰 4、实现移动台定位，为越区切换提供可靠的依据 5、增强系统的安全性 6、降低无线基站的成本

【1.13】 一均匀无耗传输线的特性阻抗为 $70\ \Omega$ ，负载阻抗为 $Z_L = 70 + j140\ \Omega$ ，工作波长 $\lambda = 20\ \text{cm}$ 。试设计串联支节匹配器的位置和长度。

解 终端反射系数

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0.707 \angle 45^\circ$$

驻波比

$$\rho = \frac{1 + |\Gamma_L|}{1 - |\Gamma_L|} = 5.8$$

串联支节的位置：

$$l_1 = \frac{\lambda}{2\pi} \arctan \frac{1}{\sqrt{\rho}} + \frac{\lambda}{4\pi} \phi_L = 2.5\ \text{cm}$$

串联支节的长度：

$$l_2 = \frac{\lambda}{2\pi} \arctan \frac{\rho - 1}{\sqrt{\rho}} = 3.5\ \text{cm}$$

[例 6-4] 一长度为 $2h$ ($h \ll \lambda$) 中心馈电的短振子，其电流分布为： $I(Z) = I_0(1 - \frac{|Z|}{h})$ ，其中 I_0 为输入电流，也等于波腹电流 I_m 。试求：☐

- ① 短振子的辐射场（电场、磁场）；☐
- ② 辐射电阻及方向系数；☐
- ③ 有效长度。☐

解：此短振子可以看成是由一系列电基本振子沿 z 轴排列组成。 z 轴上电基本振子的辐射场为

$$E_{\theta} = j \frac{60\pi}{\lambda} \sin \theta \int_{-h}^h I(z) \frac{e^{-jk r'}}{r'} dz$$

由于辐射场为远区，即 $r \gg h$ ，因而在 xOz 面内作下列近似

$$\vec{r}' \approx \vec{r} - z \cos \theta \vec{e}_z$$

$$\frac{1}{r'} \approx \frac{1}{r}$$

$$k = 2\pi / \lambda$$

所以
$$E_{\theta} = j 30 k \sin \theta \frac{e^{-jk r}}{r} \int_{-h}^h I_0 \left(1 - \frac{|z|}{h}\right) e^{jk z \cos \theta} dz$$

令积分
$$F_1 = \int_{-h}^h e^{jk z \cos \theta} dz = \frac{2 \sin(kh \cos \theta)}{k \cos \theta}$$

$$F_1 = \int_{-h}^h \frac{|z|}{h} e^{jk z \cos \theta} dz = -\frac{2 \sin(kh \cos \theta)}{k \cos \theta} + \frac{4 \sin^2(kh \cos \frac{\theta}{2})}{hk^2 \cos^2 \theta}$$

则
$$F_1 + F_2 = \frac{1}{h} \left[\frac{2 \sin(\frac{kh \cos \theta}{2})}{k \cos \theta} \right]^2$$

因为 $h \ll \lambda$ ，所以 $F_1 + F_2 \approx h$

因有
$$E_{\theta} = j 30 I_0 \frac{e^{-jk r}}{r} (kh \sin \theta)$$

$$H_{\phi} = \frac{E_{\theta}}{\eta} = j \frac{kh I_0}{4\pi r} \sin \theta e^{-jk r}$$

辐射功率为
$$P_{\Sigma} = \frac{r^2}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} E_{\theta} H_{\phi}^* \sin \theta d\theta d\varphi$$

将 E_{θ} 和 H_{ϕ} 代入上式，同时

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_0^2 R_{\Sigma}$$

短振子的辐射电阻为
$$R_{\Sigma} = 80\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$$

方向系数为
$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |F(\theta, \varphi)|^2 \sin \theta d\theta d\varphi} = 1.5$$

根据有效长度的定义，归于输入点电流的有效长度为：

$$h_{\text{ein}} = \frac{I_0}{I_0} \int_{-h}^h \left(1 - \frac{|z|}{h}\right) dz = h$$

鉴于本资料不断发现被转卖/盗卖/分享/转赠，这是对我们劳动成果的亵渎，因此我们极不愿意但却不得不做恶毒的申明以保护我们资料的价值；保证从我们处购买该资料用户的权益（付出的价格）。

申 明

本资料由职场精英工作室所有（唯一旺旺客服：蔚蓝小小天使）；我们祝所有从这两处购买资料的用户顺利通过各个公司招聘笔试面试取得心仪offer，一堆offer，高大上的offer。祝所有从别处购买/分享获得/获赠该资料的用户笔试面试通通挂掉，祝所有转卖/盗