

# 天线知识

## 1 对数周期天线

### 1.1 对数周期天线的结构

对数周期天线是 60 年代中期发展起来的一种新式天线。它的结构有多种类型：

①平面型对数周期天线；

②圆齿形金属面对数周期天线；

③梯齿形金属面对数周期天线。其中以平面型对数周期天线应用较广泛。因此，这里只介绍平面型对数周期天线。

对数周期天线具有极宽的频率特性及十分稳定的输入阻抗。因此，它可以覆盖从 VHF 的 48.5MHz 到 UHF 的 960MHz 的全频段范围。

平面型对数周期天线的结构如下图所示。它由许多对称单元构成，即由 N 对振子组成，记为 N, N-1, ……。振子的长度分别为  $l_n, l_{n-1}, \dots, l_2, l_1$ 。振子最长的端称天线的尾端，振子的最短的端称首端。最长振子到最短振子的距离  $l$ ，称天线的梁长。天线轴与振子尾端的尖角称为顶角  $\alpha$ 。各振子与顶角的距离称为  $R_n, R_{n-1}, \dots, R_2, R_1$ ，振子的间隔分别为  $d_n, d_{n-1}, \dots, d_2, d_1$ 。

各振子的长度及间隔均按一特定不变的比例因子  $\tau$  变化，变化后的结构和原来结构相同。这样，在频率  $f$  和  $\tau f$  上就具有相同的电性能，即天线在频率为  $f$  时所具有的一切特性，将在  $\tau f, \tau^2 f, \dots, \tau^n f$  频率上重复（n 为正整数）。可见，该天线电气特性随频率的

对数做周期性变化，（周期为  $\lg \frac{1}{\tau}$ ）因此，该天线为对数周期天线。对数周期天线意味着，

当接收信号频率变化时参与工作的振子周期性的前后移动。这既是说，在每一频率周期内，天线只有一部分振子工作，其余的振子不工作。这就是对数周期天线的一个缺陷。

相邻两个振子的长度之比及相邻振子与天线顶点距离之比由固定值比例因子  $\tau$  确定。 $\tau$  可表示为：

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{l_{n-1}}{l_n} = \frac{l_{n-2}}{l_{n-1}} = \dots = \frac{l_1}{l_2} \\ &= \frac{R_{n-1}}{R_n} = \frac{R_{n-2}}{R_{n-1}} = \dots = \frac{R_1}{R_2} \\ &= \frac{d_{n-1}}{d_n} = \frac{d_{n-2}}{d_{n-1}} = \dots = \frac{d_1}{d_2}\end{aligned}$$

$\tau$  是略小于 1 的正数，一般在 0.78~0.95 之间。

对数周期天线中的每个振子，都对应一个谐振频率，并在该频率上辐射（或接收）最强，它类似于引向天线的有源振子。与其相邻的前面一对较短的振子可视为引向器；与其相邻的后面一对较长的振子则可视为反射器，三对振子组成了称之为天线的所谓“作用区”或称“有

源区”。天线的辐射场主要由“作用区”的振子决定。

通常对数周期天线每单元用 2 根对称金属管制成（一般用铝管），较长的振子用  $\Phi 16\sim 20$  毫米的硬铝管制作。较短的振子用  $\Phi 10\sim 14$  毫米的硬铝管制作。

### 1.2. 对数周期天线的工作原理

对数周期天线的工作原理类似引向天线，如图 9 所示，它有谐振器（类似于引向天线的有源振子）和反射器及引向器三个部分构成。这些振子组成天线的作用区，在此区域内振子

长度接近谐振长度（即  $2l \leq \frac{\lambda}{2}$ ），所以振子阻抗接近于纯电阻，振子电流很大，产生的辐射

最强。而且作用区是随工作波长的增大，自结构的顶点由右向左移动的。作用区的电尺寸及电位置（用波长计量离开顶点的距离）和频率的变化无关，因而，对数周期天线的一切电特性也与频率无关，因此，对数周期天线的频带极宽。作用区的振子数与  $\tau$  值有关。 $\tau$  值较小时，例如  $\tau \leq 0.5$ ，作用区包含的振子数只有少数几根； $\tau$  值较大时，例如  $\tau \geq 0.8$ ，作用区的振子数就较多，作用区振子数越多，天线的辐射就越强，亦即天线的电特性（例如增益、阻抗）和  $\tau$ 、 $\alpha$  关系很大。当  $\tau$  值较小时，天线增益下降；而  $\alpha$  及  $\tau$  值大时，天线输入阻抗增高。

作用区（有源区，也称谐振区）的右侧为传输区，传输区内振子长度短于谐振长度（即  $2l < \frac{\lambda}{2}$ ），振子呈现很高的容性阻抗，振子电流很小，因此，该区辐射电波的能量很小，只能起传输能量的作用。即将馈线送来的高频电磁能量沿此区域传输到作用区。作用区左侧成

为截止区，截止区的振子长度比谐振长度大得多（即  $2l > \frac{\lambda}{2}$ ），振子呈现很大的感性阻抗，

振子的电流也很小。而且振子未被激励，振子上的能量就更小。另外由传输区传输过来的能量的大部分已被作用区吸收，并向空间辐射出去了。因此，通过作用区传输到截止区的能量就相当微弱，对天线的性能几乎没有影响，故称为截止区。

还应指出，作用区的位置不是固定不变的，它随工作频率的变化而变动。作用区的位置沿天线中心向左或向右移动。工作频率变低，作用区沿天线中心向长振子方向移动，频率变高时，作用区就向短振子方向移动。向天线中心前后移动的范围越大，天线的工作频带就越宽。

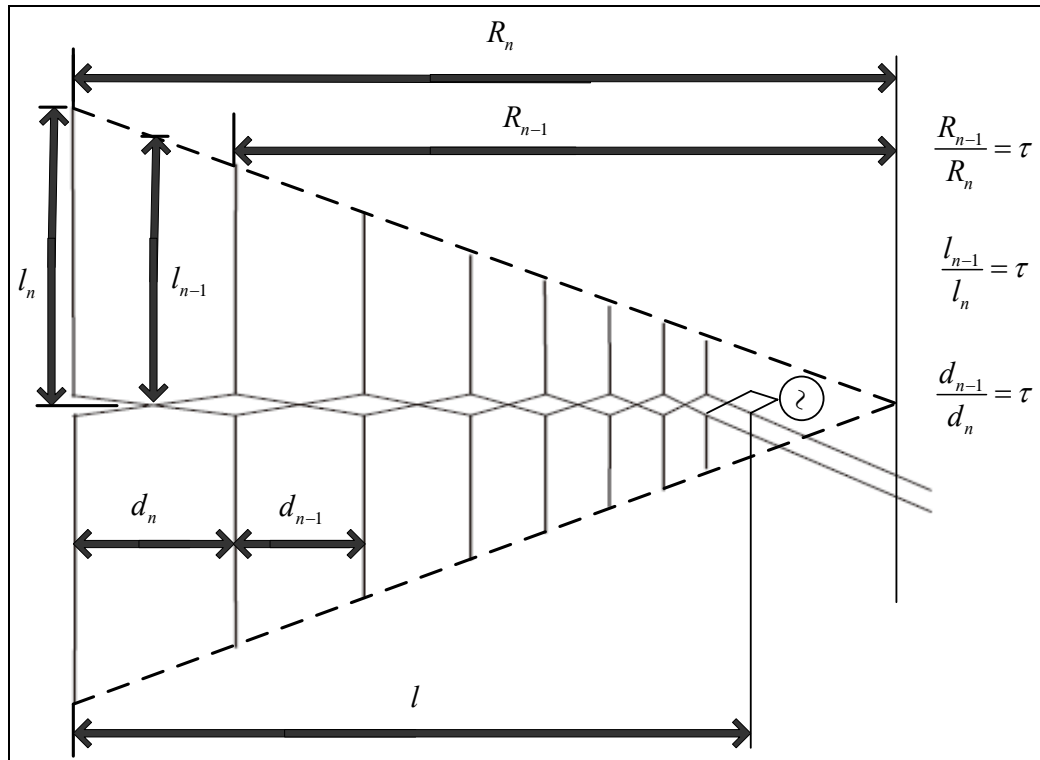


图9 对数周期天线的结构

## 2 半波振子天线

### 1. 基本半波振子天线

半波振子天线又称半波偶极子天线，它是一种最基本的室外接收天线，常用室外接收天线中绝大多数都是在这种天线基础上发展起来的（如引向天线等），因此也称它为基本半波振子天线，其结构如图 10 所示。它是由两根同样粗细及同样长度的直导体构成，两根导体

总长度  $2l$  接近半个波长，即  $2l \approx \frac{\lambda_0}{2}$ （ $\lambda_0$  是接收的电视频道中心频率  $f_0$  对应的波长），每

根导线长度为  $l$ （振子每臂长度），振子导线的直径为  $2a$ 。在中间的两个端点  $BB'$  端对称馈电，且振子两臂相同，在电气性能上，两臂对地又是对称的。因此，这种半波振子天线又称半波对称振子天线。

#### （1）对称振子上的电流分布

根据对称振子的对称性的特点，我们可以把它视为由一对终端开路的传输线（长线）的两臂向外展开而成，如图 11 所示。大家知道无损耗开路传输线上的电流是按正弦规律呈驻波分布的。当满足  $2a/\lambda \ll 1$  的条件时，对称振子上的电流也近似按正弦规律呈驻波分布。实际上，振子的导线直径  $2a$  远小于使用的工作波长的长度，即  $2a/\lambda \ll 1$  是满足的。因此，对称振子的电流按正弦呈驻波分布。这对实际工程产生的误差是可以忽略的。全长  $2l = \lambda$  的对称振子称为全波振子，全长  $2l = \lambda/2$  的对称振子，称为半波振子。工程上常用半波振子，其电流分布如图 12 所示。

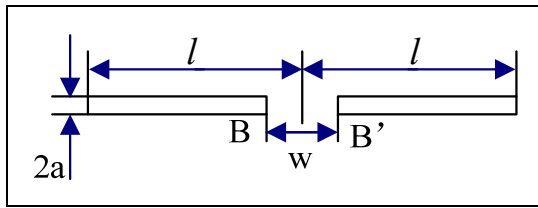


图 10 基本半波振子示意图

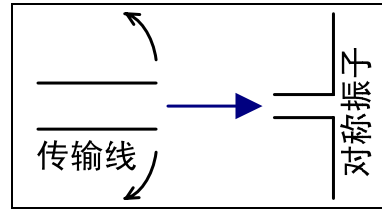


图 11 由终端开路的传输线展开为对称振子天线

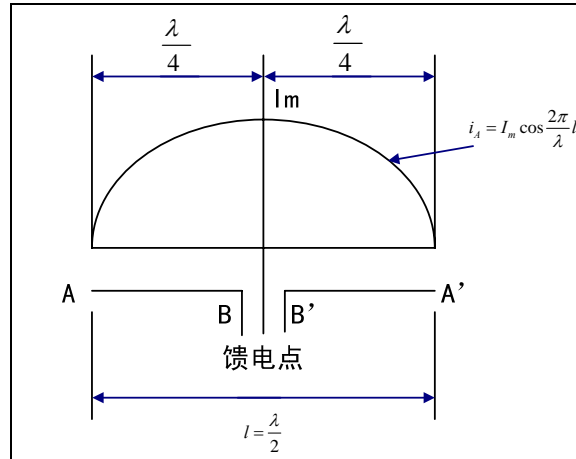


图 12 半波对称振子电流分布曲线

图 12 中，B-B' 两点为馈电端，也是天线的输入端，A-A' 两点为振子天线的终端。按半波振子上近似正弦驻波电流的分布规律，振子馈电点的电流最大，为波腹电流，而其终端电流（为零），为波节电流。

半波振子天线上的电流按正弦驻波分布，即  $i_A = I_m \cos \omega l$ 。

当  $l$  从  $-\lambda/4 \rightarrow 0 \rightarrow \lambda/4$  时， $i_A$  由  $0 \rightarrow I_m \rightarrow 0$ ，因此上式变为  $i_A = I_m \cos \frac{2\pi}{\lambda} l$ 。

## (2) 半波振子天线的方向性

半波振子天线的方向性可用其水平面方向性图表示。方向性图可由何振子轴线成  $\theta$  角方向上来的电视信号在振子上形成的场强和  $\theta$  的关系描绘成  $l$  曲线得出。半波振子天线的水平面方向图如图 13 所示。从图中可见，电视信号沿天线振子的轴线辐射（或接收）为零，垂直于天线轴方向的辐射（或接收）最强。来自其它方向的电视信号的辐射（或接收）介于零和最大值之间，而且从图中还可看出，半波天线方向性图的半功率角  $2\theta_{0.5} = 78^\circ$ ，半波天线的

的前后比等于零分贝，即  $F/B(\text{dB}) = 0\text{dB}$ ，亦即半波天线的方向性图成“8”字形，因此，简称为“8”字形方向性图。显然，要优质地收看电视节目，应使天线振子与电视台方向垂直，即应将最强接收方向对准电视台。

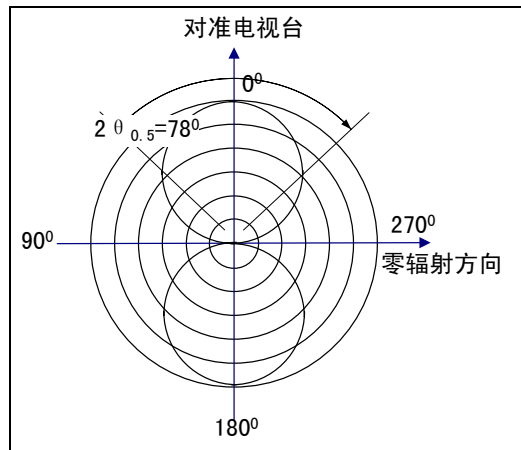


图 13 半波振子的水平面场强方向图