

# RFID 的天线知识

## 一、 电磁波产生的基本原理

按照麦克斯韦电磁场理论，变化的电场在其周围空间要产生变化的磁场，而变化的磁场又要产生变化的电场。这样，变化的电场和变化的磁场之间相互依赖，相互激发，交替产生，并以一定速度由近及远地在空间传播出去。

**周期性变化的磁场激发周期性变化的电场，周期性变化的电场激发周期性变化的磁场。**

电磁波不同于机械波，它的传播不需要依赖任何弹性介质，它只靠“变化电场产生变化磁场，变化磁场产生变化电场”的机理来传播。

当电磁波频率较低时，主要籍由有形的导体才能传递；当频率逐渐提高时，电磁波就会外溢到导体之外，不需要介质也能向外传递能量，这就是一种辐射。在低频的电振荡中，磁电之间的相互变化比较缓慢，其能量几乎全部反回原电路而没有能量辐射出去。然而，在高频率的电振荡中，磁电互变甚快，能量不可能反回原振荡电路，于是电能、磁能随着电场与磁场的周期变化以电磁波的形式向空间传播出去。

根据以上的理论，每一段流过高频电流的导线都会有电磁辐射。有的导线用作传输，就不希望有太多的电磁辐射损耗能量；有的导线用作天线，就希望能尽可能地将能量转化为电磁波发射出去。于是就有了传输线和天线。无论是天线还是传输线，都是电磁波理论或麦克斯韦方程在不同情况下的应用。

对于传输线，这种导线的结构应该能传递电磁能量，而不会向外辐射；对于天线，这种导线的结构应该能尽可能将电磁能量传递出去。不同形状、尺寸的导线在发射和接收某一频率的无线电信号时，效率相差很多，因此要取得理想的通信效果，必须采用适当的天线才行！研究什么样结构的导线能够实现高效的发射和接收，也就形成了天线这门学问。

高频电磁波在空中传播，如遇着导体，就会发生感应作用，在导体内产生高频电流，使我们可以用导线接收来自远处的无线电信号。

## 二、天线

在无线通信系统中，需要将来自发射机的导波能量转变为无线电波，或者将无线电波转换为导波能量，用来辐射和接收无线电波的装置称为天线。发射机所产生的已调制的高频电流能量（或导波能量）经馈线传输到发射天线，通过天线将转换为某种极化的电磁波能量，并向所需方向出去。到达接收点后，接收天线将来自空间特定方向的某种极化的电磁波能量又转换为已调制的高频电流能量，经馈线输送到接收机输入端。

综上所述，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受，即方向具有方向性。
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。

这四点是天线最基本的功能，据此可定义若干参数作为设计和评价天线的依据。

把天线和发射机或接收机连接起来的系统称为馈线系统。馈线的形式随频率的不同而分为又导线传输线、同轴线传输线、波导或微带线等。所以，所谓馈线，实际上就是传输线。

### 天线的电参数

天线的基本功能就是能量转换和定向辐射，所谓天线的电参数，就是能定量表征其能量转换和定向辐射能力的量。

#### 1. 天线的方向性

衡量天线将能量向所需方向辐射的能力。

**主瓣宽度：**

主瓣宽度是衡量天线的最大辐射区域的程度的物理量。越宽越好。

**旁瓣电平：**

旁瓣电平是指离主瓣最近且电平最高的第一旁瓣的电平。实际上，旁瓣区是不需要辐射的区域，所以其电平越低越好。

(天线辐射的主瓣旁瓣类似方波信号的频谱图)

#### 前后比:

前后比指最大辐射方向(前向)电平与其相反方向(后向)电平之比。前后比越大,天线的后向辐射(或接收)越小。前后比  $F / B$  的计算十分简单—— $F / B = 10 \text{ Lg} \{ (\text{前向功率密度}) / (\text{后向功率密度}) \}$

#### 方向系数:

在离天线某一距离处,天线在最大辐射方向上的辐射功率流密度与相同辐射功率的理想无方向性天线在同一距离处的辐射功率流密度之比。这是方向性中**最重要的指标**,能精确比较不同天线的方向性,表示了天线集束能量的电参数。

## 2. 天线效率

天线效率定义为天线辐射功率与输入功率之比。

常用天线的辐射电阻  $R$  来试题天线辐射功率的能力。天线的辐射电阻是一个虚拟的量,定义如下:设有一电阻  $R$ ,当通过它的电流等于天线上的最大电流时,其损耗的功率就等于其辐射功率。显然,辐射电阻的高低是衡量天线辐射能力的一个重要指标,即辐射电阻越大,说明天线的辐射能力越强。

## 3. 增益系数

增益系数是综合衡量天线能量转换和方向特性的参数,它的定义为:方向系数与天线效率的乘积,记为:

$$G = D \cdot \eta_A$$

$D$  为方向系数,  $\eta_A$  为天线效率。

可见,天线方向系数和越高,则增益系数也就越高。

物理意义:天线的增益系数描述了天线与理想的无方向性天线相比在最大辐射方向上将输出功率放大的倍数。也可以这样通俗地理解,为定向天线与理想全向天线(其辐射在各方

向均等) 在一定的距离上的某点处产生一定大小的信号之比。

例: 如果用理想的无方向性点源作为发射天线, 需要 100W 的输入功率, 而用增益为  $G = 13 \text{ dB} = 20$  的某定向天线作为发射天线时, 输入功率只需  $100 / 20 = 5\text{W}$ 。换言之, 某天线的增益, 就其最大辐射方向上的辐射效果来说, 与无方向性的理想点源相比, 把输入功率放大的倍数。

#### 4. 极化方向

极化特性是指天线在最大辐射方向上电场矢量的方向随时间变化的规律。

极化方向, 就是天线电场的方向。天线的极化方式有线极化方式有线极化(水平极化和垂直极化)和圆极化(左旋极化和右旋极化)等方式。

如何理解线极化? 首先想象那幅经典的电磁波传播图, 电场在一个平面以正弦波传播, 磁场在电场的正交平面也以正弦波传播, 我们从起点沿着传播方向去看电场, 看到的就是一段短线, 这种极化就是线极化。那么线极化的方向如何确定呢? 当高频电流通过天线时, 会在天线上产生高频电压, 形成高频电场, 这个电场方向一般与天线的走向一致, 即线极化的极化方向是与天线的走向一致的。如果天线是水平方向架设的导线, 产生的电场也是水平方向的, 叫它“水平极化”天线; 如果天线是垂直于地面架设的导线, 产生的电场也是垂直方向的, 叫它“垂直极化”天线。(通常直线导线结构的天线为线极化)

如何理解圆极化呢? 同样是那幅经典的电磁波传播图, 不过此时的电场大小始终不变, 但是方向围绕着 x 轴不变旋转变换, 但在任何一个平面上的投影都是一个正弦波, 有点类似我们对信号的处理中幅度不变, 但相位在不断变化。此时, 从原点向传播方向去看电场, 看到的就是一个圆, 这种极化就是圆极化。当然, 向左旋转就是左旋极化, 向右旋转就是右旋极化。(通常螺旋结构的天线为圆极化)

只有收信天线的极化方向与所接收电磁波的极化方向一致才能感应出最大的信号来。根据这一原理, 我们可以推断出以下结论。

对于线极化, 当收信天线的极化方向与线极化方向一致(电场方向)时, 感应出的信号最大(电磁波在极化方向上投影最大); 随着收信天线的极化方向与线极化方向偏离越来越多时, 感应出的信号越小(投影不断减小); 当收信天线的极化方向与线极化方向正交(磁场方向)时, 感应出的信号为零(投影为零)。线极化方式对天线的方向要求较高。当然在

实际条件下，电磁波传播途中遇到反射折射，会引起极化方向偏转，有时一个信号既可以被水平天线接收，也可以被垂直天线接收，但无论如何，天线的极化方向常常是需要考虑的重要问题。

对于圆极化，无论收信天线的极化方向如何，感应出的信号都是相同的，不会有什么差别（电磁波在任何方向上的投影都是一样的）。所以，采用圆极化方式，使得系统对天线的方位（这里的方位是天线的方位，和前面所提到的方向系统的方位是不同的）敏感性降低。因而，大多数场合都采用了圆极化方式。

打个形象的比喻，线极化类似弯曲在地面上爬行的蛇，圆极化类似蛇绕在木棍上绕行。再打个比喻，你拿一根绳子，上下摆，绳子传递的波就是线极化形式的；不断地画圆，传递的波就是圆极化的。

## 5. 频带宽度

天线的电参数都与频率有关，也就是说，上述电参数都是针对某一工作频率设计的，当工作频率偏离设计频率时，往往会引起天线参数的变化。当工作频率变化时，天线的有关电参数不应超出规定的范围，这一频率范围称为频带宽度，简称为天线的带宽。

## 6. 输入阻抗

对于发信机来说，天线是一个负载，如何使天线能最多地摄取能量，就要解决一个匹配总是。只有当天线本身的阻抗与发信机的阻抗相等是，才能得到最大的发射功率！

对于高频信号讲，天线是很长的导线。高频信号从馈点流向天线端点以及从端点反射回来所用的时间，足以引起天线各部分电压、电流的幅度和相位产生很大的差别，致使天线的长度、结构以及馈电点的位置不同，呈现的阻抗也不同。如中心馈电的偶极振子，当每臂长度为四分之一波长时，呈现约 50 至 75 欧的纯电阻，容易做到与馈电电缆及发信机直接匹配。

当条件限制，无法将天线的长度修整到适当数值时，一般应在天线电路中附加电感电容等电抗元件抵消天线本身呈现的电抗，有时还需要加阻抗变压器将天线阻抗变换到发信电路的要求值，这些附加元件构成的设备叫“天线调谐器”或“天线匹配器”。

## 7. 有效长度

有效长度是衡量天线辐射能力的又一个重要指标。

天线的有效长度定义如下：在保持实际天线最大辐射方向上的场强值不变的条件下，假设天线上电流分布为均匀分布时天线的等效长度。有效长度越长，表明天线的辐射能力越强。

书上有一个例子加强感性认识：长度为  $2h$ 、电流不均匀分布的短振子在最大辐射方向上的场强与长度为  $h$ 、电流为均匀分布的振子在最大辐射方向上的场强相等。也就是说，该短振子的有效长度为  $h$ 。

## 接收天线理论

高频电磁波在空中传播，如遇着导体，就会发生感应作用，在导体内产生高频电流，使我们可以用导线接收来自远处的无线电信号。接收电磁波所用的导线，一般叫做“接收天线”。

### 1. 有效接收面积

有效接收面积是衡量一个天线接收无线电波能力的重要指标。它的定义为：当天线以最大接收方向对准来波方向进行接收时，接收天线传送到匹配负载的平均功率为  $P_{Lmax}$ ，并假定此功率是由一块与来波方向相垂直的面积所截获，则这个面积就称为接收天线的有效接收面积。

有效接收面积越大，天线接收无线电波的能力也就越强。

### 2. 等效噪声温度

接收天线的等效噪声温度是反映天线接收微弱信号性能的重要电参数。

接收天线把从周围空间接收到的噪声功率送到接收机的过程类似于噪声电阻把噪声功率输送给与其相连的电阻网络。因此接收天线等效为一个温度为  $T_a$  的电阻。 $T_a$  越高，天线送至接收机的噪声越大，反之越小。

## 三、传输线

传输线是用以传输微波信息和能量的各种形式的传输系统的总称，它的作用是引导电磁波沿一定方向传输，因此又称为导波系统。其所引导的电磁波被称为导行波。

传输线也是一种导体，但是与天线不同，不希望电磁波在这里传播时有辐射。所以，用金属做成的传输线的结构，是尽量不辐射能量。

以最常的同轴线缆为例，中间一根导线，外面还有一圈环形导线，电磁波就在这样一个空间中传播，而不会辐射出去。

最常用的是 TEM 波（横波）传输线，主要包括：双行平等线，同轴线，带状线，微带线等。