

天线实物分析

王子赫 1120210446

一、天线类型

在教室中发现了一根十分明显的天线，位于讲台上，如图 1 所示：



图 1 讲台上的天线

初见该天线，发现其大致由三部分组成：线天线部分、螺旋天线部分、底部反射板。该天线从天线底部馈电。

上拼多多搜了一下这个天线，工作频段是 433MHZ。还挺便宜，如图 2 所示。



图 2 拼多多上的该天线

后来查资料，发现该天线实际上就是个单极线天线，下面的螺旋是电感圈，总体上是加感线天线，加电感是为了提高天线的有效高度，增强天线的辐射能力，从而提高天线的效率。^[1]

二、天线模型

天线下方给天线馈电，天线中会形成电流源。下面的金属反射板可以看成金属地，如此根据镜像原理，相当于在金属板下方存在一个一模一样的线天线。如此就与传统的线天线模型等价了，如图 3 所示：

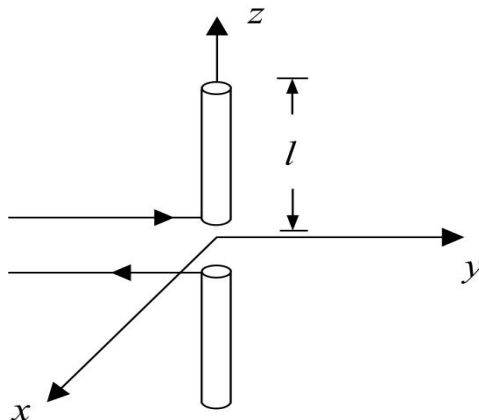


图 3 线天线模型

需要说明的是，该天线的下半部分仅是为了分析天线辐射场时简化问题做的镜像等效，只有上半部分是实的单极天线，下半部分是虚的，如图 4 所示：

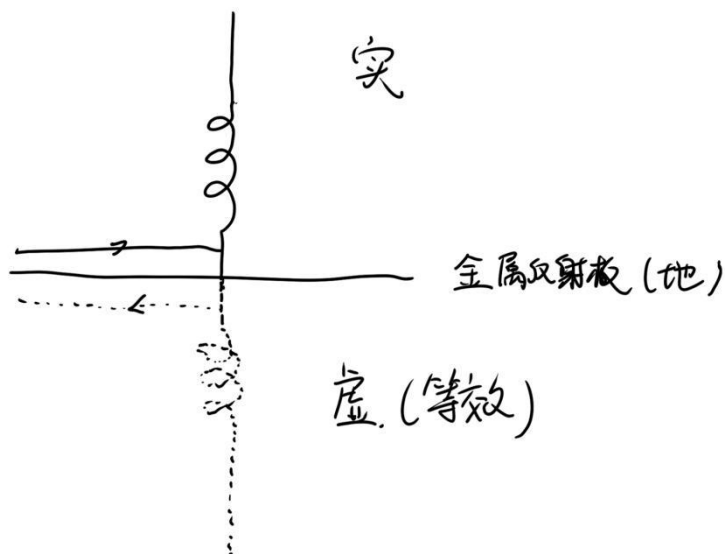


图 4 线天线模型解释

三、天线工作原理

根据上述模型，该天线的馈电点在 $z=0$ 处。在天线的两端，天线开路，电流为 0，结合馈电的频率可以利用传输线模型，近似求出线天线上电流的分布：

$$I = I_0 \sin k(l - |z|)$$

该天线近似工作在无限大自由空间中，其中的电流源将在空间中辐射电磁场。电磁场分布情况的求解可以将电流分布带入在无限大自由空间电流源产生电磁场的公式中得到。

总之，其工作原理简单来说就是从馈电点向天线馈进去电流，电流再向自由空间激发出电磁场，由此将信号辐射出去。

在远场时，电场分布在 θ 方向，磁场分布在 ϕ 方向。其辐射方向性在 H 面（俯视天线）是 360° 对称的，H 面方向图是个圆。而 E 面方向图和线天线自身的长度与其辐射电磁场的波长与之比有关，如图 5、图 6 所示。为了得到最好的辐射方向性，一般让天线的长度刚好是波长的一半（这里的长度就是实际天线的长度，而不是等效模型的总长度）。由于该天线的下半部分是镜像原理等效出来的，实际并不存在，天线只在上半空间辐射电磁场，故该天线（单极天线）的方向性系数实际上是等效模型方向性系数的二倍。

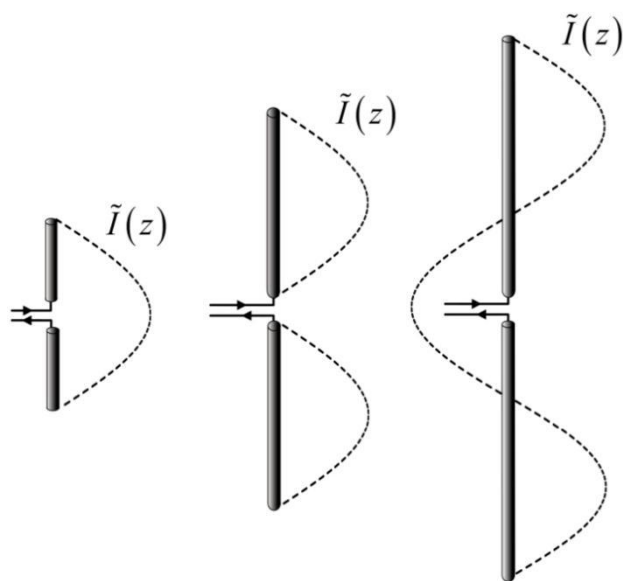


图5 $l/\lambda = 1/4, 1/2, 3/4$ 时的电流分布

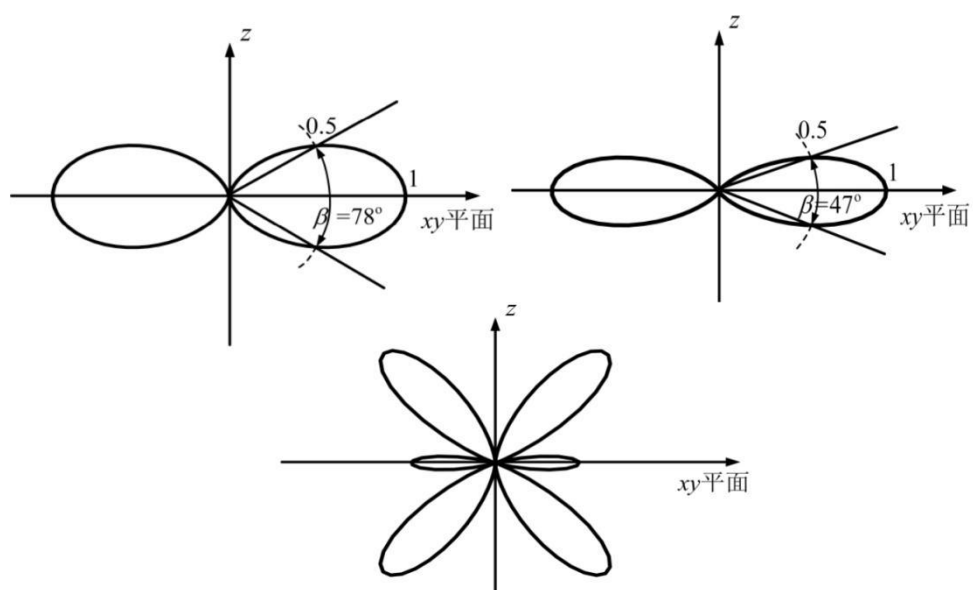


图6 $l/\lambda = 1/4, 1/2, 3/4$ 时的线天线方向图

参考文献：

- [1] 刘其中, 俱新德. 一种新的同轴型底部加感天线[J]. 通信学报, 1993 (01): 81-84.
- [2] 盛新庆. 电磁理论、计算、应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016. 8, 109-121.