

# 一种赋形低幅瓣毫米波梳形天线阵的设计

王月娟

上海无线电设备研究所，上海 200090

**摘要：**本文介绍了微带梳形天线阵的设计方法，并在毫米波段上仿真设计了一种具体的微带梳形阵。该天线辐射方向图是个漏斗形方向图，具有定向辐射特性，及低副瓣的特点。阵列的电流分布采用泰勒分布，幅瓣电平达到-25dB。与具有同等性能的波导缝隙线阵比较，微带梳形线阵具有体积小，重量轻，剖面低的优势。

## The design of a mmw low-side Comb-Line antenna array

WANG Yue-juan

Institute of wireless equipment, Shanghai 200090, China

**Abstract:** In this paper, firstly, a design method of a millimeter wave low-side Comb-Line antenna array is introduced. And basing on the method, a mmw microstrip Comb-Line antenna array is designed. The antenna figure is funnelform, according with the characteristic of directional radiation and low sidelobe. The current distribution of the array is thaler current distribution, and the sidelobe achieves -25dB. Compare with the waveguide slots linear array with the same characteristic, microstrip Comb-Line antenna takes advantage of the smaller volume, lighter weight and lower section.

**Keywords:** mmw microstrip array; figure of antennae; Comb-Line array; microstrip antenna

### 1 引言

但凡定向辐射、低副瓣赋形的线阵，大都采用波导缝隙线阵的天线形式，为了研究可替代的天线形式，本文介绍另一种能够实现同等性能的形式——梳形微带线阵。梳形微带天线具有重量轻、体积小、剖面低等特点，在100MHz至50GHz的频带范围内得到了大量应用<sup>[1]</sup>。在不同频率已研制出不同形式的微带阵。而今随着信息容量和抗干扰能力要求的日益提高，毫米波天线的研制也日益受关注。特别是高增益、低副瓣的毫米波微带天线更是一个引人注目的课题。本文对毫米波梳形微带阵的设计，是为了实现低副瓣、高增益、易共形的天线特性而展开的。

### 2 毫米波梳形阵的设计

采用行波式梳形阵，这种结构的特点是终端须加匹配负载，中心频率的方向图最大辐射方向与阵轴夹角为一固定值，线阵的结构如图1所示，齿数N，齿宽 $b_i$ ，齿长 $L_i$ ，齿间间距d及馈线宽度 $b_0$ 。

对于毫米波微带阵的设计，严格的分析应基于矩量法来完成。但是由于介质厚度 $h$ 为0.254mm，远小于工作波长，利用空腔模型分析是可行的<sup>[2]</sup>。

选取Rogers5880材料，厚度 $h$ 为0.254mm，介电常数 $\epsilon_r$ 为2.2，作为梳形天线的辐射基板，选择齿长 $L_i$ 为等长齿长，即 $L_g/2$ ，根据主波束的倾斜角度，可得出齿间中心间距d，主馈线设计采用特性阻抗为50Ω的传输线，根据泰勒电流分布综合各个梳齿的宽度 $b_i$ 。

沿着主馈线方向设计为-25dB旁瓣电平的泰勒分布，由泰勒综合法得到所需的电流分布<sup>[3]</sup>如图2所示。

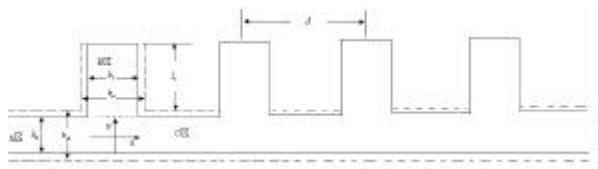


图1 直线式梳形阵

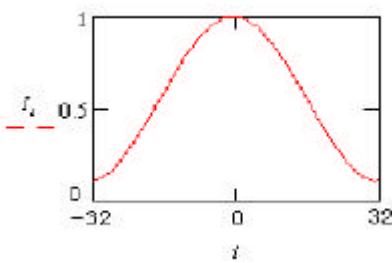


图2 泰勒电流分布图

单元  $i = -32, -31, \dots, 31, 32$ ,  $I_i$  是归一化电流值。经过离散采样可得每个梳齿的电流分量  $I_i$ 。

假设输入电压为归一化单位电压值，则有

$$[V] = [Z_i] [I_i]$$

$$[V] = I$$

$Z_i$  为各梳齿对主馈线的归一化特性阻抗， $I$  是单位矩阵。于是上式转化为

$$[V] [I_i]^{-1} = [Z_i] [I_i] [I_i]^{-1}$$

即

$$I [I_i]^{-1} = [Z_i] I$$

$$[Z_i] = [I_i]^{-1}$$

求得  $Z_i$  之后，可用下列公式[4]求得所需的宽度  $b_i$ 。

当  $Z_i < (44 - 2e_r)\Omega$  时，

$$b_i/h = 2/p \{ R - 1 - \ln(2R - 1) + (e_r - 1)/[2e_r \times [\ln(R - 1) + 0.293 - 0.517/e_r]] \}$$

其中

$$R = 377p/(2Z_i \sqrt{e_r})$$

当  $Z_i \geq (44 - 2e_r)\Omega$  时，

$$b_i/h = 8 \exp H / (\exp(2H) - 2)$$

其中

$$H = Z_i \sqrt{2(e_r + 1)} / 120 + (e_r - 1)/(e_r + 1) \cdot (0.2258 + 0.1208/e_r)$$

开路枝节的辐射主要来自其开路端的等效磁流。梳齿开路端的辐射电导可由下式计算，

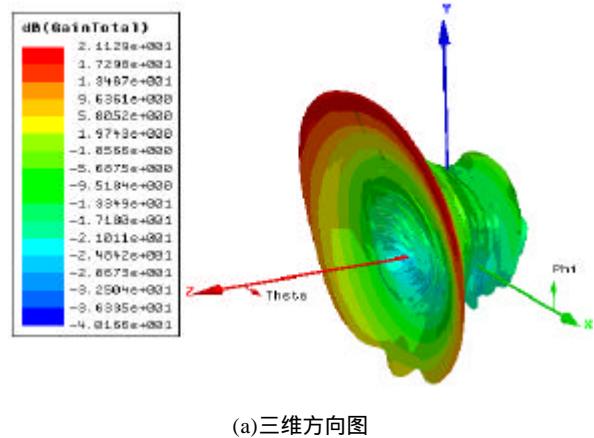
$$G_{ri} = 1/90(b_{ei}/I_0)^2$$

上式的适用范围为

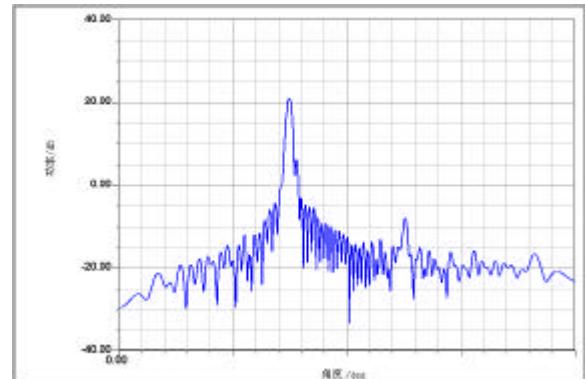
$$b_{ei} \leq 0.35I_0$$

$b_{ei}$  为梳齿等效宽度。改变梳齿宽度  $b_i$  来控制  $G_{ri}$ ，可获得所需的口径振幅分布。

以上公式计算得到的结果是未考虑互耦效应的，事实上，每个齿在其馈电处是个T接头，如图1所示。其等效电路和参量严格意义上应基于模匹配法等严格方法来分析，这里先采用准静态法粗略计算了齿的结构尺寸，然后使用全波分析法和微扰法对天线结构进行计算和仿真，最后得到比较精确的结果。仿真软件使用ansoft公司的hfss三维电磁仿真软件，仿真结果如图3所示。



(a) 三维方向图



(b) 二维方向图

图3 天线仿真结果

可见，行波梳齿天线的辐射方向图是个漏斗状的全向方向图。主波束倾角为  $\Phi$  为  $90^\circ$  方向上某一固定角度值，副瓣电平除了在主瓣区的小凸之外，其余副瓣电平值均在  $-25\text{dB}$  以下，该仿真天线模型的仿真的增益值大于  $21\text{dB}$ ，交叉极化电平小于  $-28\text{dB}$ 。

### 3 结束语

仿真结果显示，天线的副瓣电平达到了-25dB，采用上述天线阵的设计方法使毫米波段微带梳形天线的副瓣得到了很好的控制，与同等性能的波导缝隙线阵相比较，同样实现了低副瓣、高增益的性能，而微带梳形天线更加体积小、重量轻、易共形。

### 参考文献

[1] J鲍尔(美)著，梁联倬 寇延耀译 微带天线.北京：电

子工业出版社，1980

- [2] 张钧等编著. 微带天线与工程. 北京：兵器工业出版社,1988
- [3] 汪茂光 吕善伟 刘瑞祥 阵列天线分析与综合.电子科技大学出版社
- [4] 钟顺时 微带天线理论与应用.西安电子科技大学出版社，1991

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>