

# HFSS 天线阵列仿真分析实例详解

## 中文视频培训课程

易迪拓培训 ([www.edatop.com](http://www.edatop.com))、微波EDA网 ([www.mweda.com](http://www.mweda.com)) 联合出品

## 第二讲：天线阵方向图分析

主讲：李明洋

# 概述

## ❖ 以偶极子天线阵为例，简单介绍天线阵的理论知识

## ❖ 什么是天线阵

- 为了增强天线的方向性，提高天线的增益，或者为了得到所需要辐射方向图，可以把若干个相同的天线按一定的规律排列起来，并给与适当的激励，这样组成的天线系统称为天线阵
- 组成天线阵的独立单元称为天线单元或者阵元
- 根据阵元在空间的排列方式，天线阵可以分为线阵和面阵
- 天线阵的辐射特性取决于阵元的类型、数目、排列方式、阵元间距、以及阵元上激励信号的幅度和相位等

## ❖ 参考资料

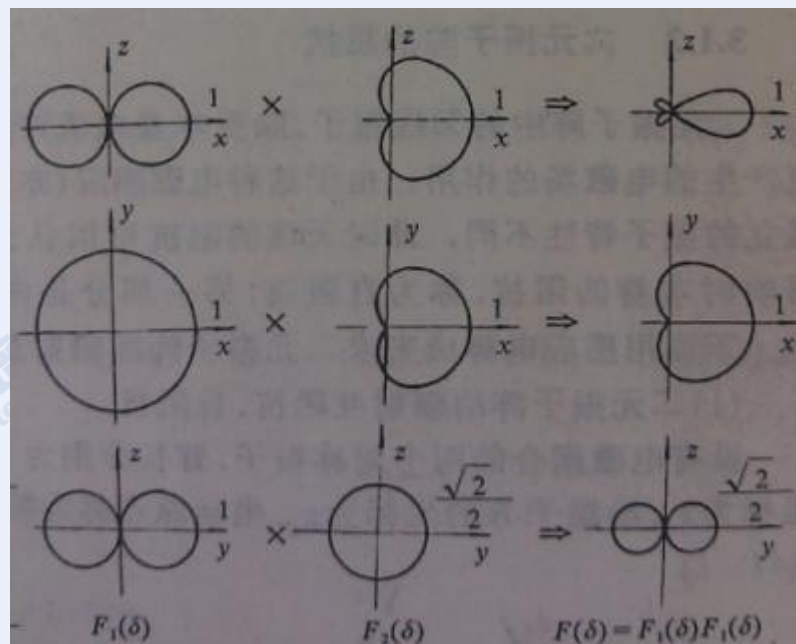
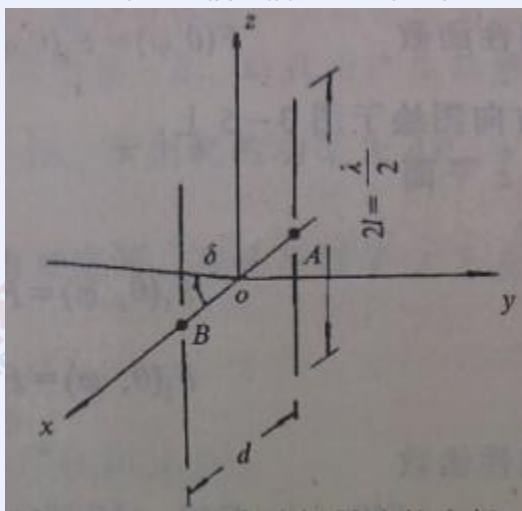
- 马汉炎，《天线技术》第3章，哈尔滨工业大学出版社
- 林昌禄，《近代天线设计》第1.4节，人民邮电出版社

# 天线阵方向图

## ❖ 方向图乘法定理

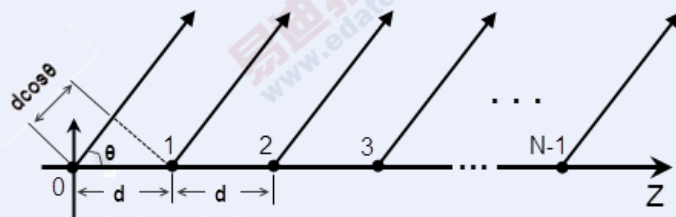
- 由相同天线单元/阵元构成的天线阵的方向性函数（或方向图），等于单个阵元的方向性函数（或方向图）与阵因子方向图的乘积。
- 阵因子与阵元间的相对位置和阵元上的激励信号相关，而与阵元结构本身无关

二元半波偶极子天线阵  
间距 $d=\lambda/4$ ，激励信号幅度相等，相位差 $\pi/2$



# 均匀直线天线阵分析

- ❖ 当各阵元取向一致地排列在一条直线上就构成直线阵列天线。直线阵列天线中，如果阵元激励电流幅度、相邻阵元之间的相位差和阵元间距都相等则成为均匀直线阵列天线。



- ❖ 选取坐标原点为零相位参考点，不计阵元间的互耦作用。那么天线单元1和天线单元0之间的波程差为  $d\cos\theta$ ，相位差则为  $k d\cos\theta$ ；以此类推第n个阵元和第0个阵元之间的波程差为  $n d\cos\theta$ ，相位差为  $k n d\cos\theta$ 。因此，天线阵的阵因子可以写成

$$AF = I_0 + I_1 e^{jkd \cos\theta} + I_2 e^{jk2d \cos\theta} + \dots + I_{N-1} e^{jk(N-1)d \cos\theta}$$

# 均匀直线天线阵分析 (cont.)

❖ 对于均匀直线阵列天线，各阵元的激励电流幅度和相邻阵元之间的相位差都相等，假设电流幅

度为 $A_0$ ，相邻阵元之间的相位差为 $\alpha$ ，则激励电流 $I_n$ 可以表示为  $I_n = A_0 e^{jn\alpha}$

所以  $AF = A_0 \left[ 1 + e^{j(kd \cos\theta + \alpha)} + e^{j2(kd \cos\theta + \alpha)} + \dots + e^{j(N-1)(kd \cos\theta + \alpha)} \right]$

令  $\psi = kd \cos\theta + \alpha$

则有  $AF = A_0 \left[ 1 + e^{j\psi} + e^{j2\psi} + \dots + e^{j(N-1)\psi} \right]$

上式乘以  $e^{j\psi}$  后再减去该式，可得  $AF(e^{j\psi} - 1) = A_0(e^{jN\psi} - 1)$

有  $AF = A_0 \frac{e^{jN\psi} - 1}{e^{j\psi} - 1} = A_0 \frac{e^{j\frac{N}{2}\psi} \left( e^{j\frac{N}{2}\psi} - e^{-j\frac{N}{2}\psi} \right)}{e^{j\frac{1}{2}\psi} \left( e^{j\frac{1}{2}\psi} - e^{-j\frac{1}{2}\psi} \right)} = A_0 e^{j\frac{N-1}{2}\psi} \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}}$

如果把相位参考点选在天线阵阵的几何中心，则上式阵因子简化为

$$AF = A_0 \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}}$$

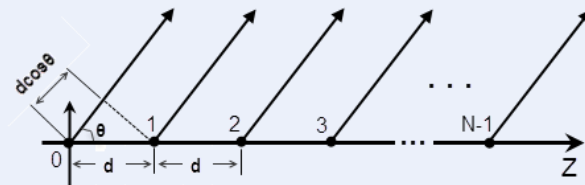
# 均匀直线天线阵分析 (cont.)

❖ 归一化的阵因子  $F(\psi) = \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{N \sin \frac{\psi}{2}}$   $\psi = kd \cos \theta + \alpha$



## ❖ 最大辐射方向和相位差

- 当阵元间距固定，改变阵元相位，可以控制天线阵的最大辐射方向，这就是相控阵天线的机理
- 控制间距d，可以控制天线阵的副瓣，d越小副瓣越小

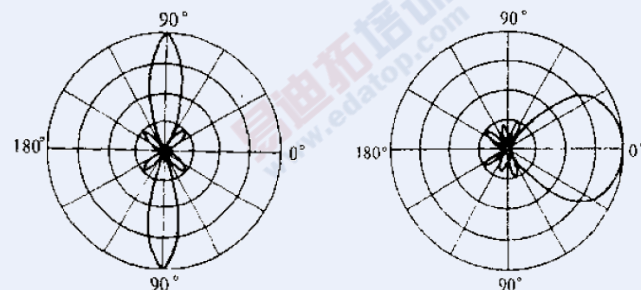


## ❖ 侧射阵/边射阵

- 最大辐射方向与阵轴垂直 (激励信号相位差 $\alpha=0$ )

## ❖ 端射阵

- 最大辐射方向在阵轴线方向 (激励信号相位差 $\alpha=-kd$ )





易迪拓培训  
www.edatop.com

易迪拓培训  
www.edatop.com

易迪拓培训  
www.edatop.com



易迪拓培训  
www.edatop.com

易迪拓培训  
www.edatop.com

易迪拓培训  
www.edatop.com

## 射频和天线设计培训课程推荐

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,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 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。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>



## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## 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,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

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



### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并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
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,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>