

# 关于不对称垂直接地天线方向性系数定义方式的探讨

邵佑诚 李秀珍 金 红

(大连海事大学信息工程学院)

**摘要:** 船用中波通信天线, 中波广播天线都可以看成是理想导电地面上的垂直不对称天线。这类天线的方向性系数尚无专门的定义方式, 因而在计算方法上存在着不统一的现象。本文关于这类天线方向性系数的定义方式作了探讨。

**关键词:** 不对称天线, 方向性系数, 辐射强度

船用中波通信天线, 中波广播天线, 都是良导体地面上的垂直不对称天线, 又称为垂直接地天线。这里“接地”二字指的是垂直天线的馈电点处接近地面, 而并非与大地连接。在中波波段, 把良导体地面近似看成是理想导体, 将会使问题的分析大为简化。因此这类天线又可以看成是理想导电地面上的不对称垂直接地天线。到目前为止, 这类天线的方向性系数尚没有专门的定义方式。因此, 有关天线、无线电波传播等书籍确定这类天线方向性系数的时候往往存在着分歧。例如, 用来计算地面波场强有效值的舒来依金-范德波尔公式, 就有两种写法。有些书上写成

$$E = \frac{173\sqrt{P_\Sigma(\text{千瓦})D}}{r(\text{千米})} |W| (\text{毫伏/米}) \quad (1)$$

而另一些书籍则把舒-范公式写成

$$E = \frac{245\sqrt{P_\Sigma(\text{千瓦})D}}{r(\text{千米})} |W| (\text{毫伏/米}) \quad (2)$$

上面两式中  $P_\Sigma$  为天线的辐射功率,  $r$  为接收点的距离,  $|W|$  为地面衰减因子,  $D$  为不对称垂直接地天线的方向性系数。对照(1)、(2)两式可以看出, 二者的系数差了  $\sqrt{2}$  倍。

(1) 式是直接采用自由空间天线方向性系数的定义方式来计算其方向性系数  $D$  的。定义自由空间天线方向性系数时, 引用了辐射强度的概念, 即单位立体角内的辐射功率:

$$U(\theta, \phi) = \frac{dP_\Sigma}{d\Omega} \quad (3)$$

而自由空间天线在  $4\pi$  立体角之内的平均辐射强度为

$$U_0 = \frac{P_\Sigma}{4\pi} \quad (4)$$

自由空间天线的方向性系数定义为最大辐射强度  $U_M$  与平均辐射强度  $U_0$  之比，即

$$D = \frac{U_M}{U_0} = 4\pi \frac{U_M}{P_\Sigma} \quad (5)$$

如果用方向性函数  $f(\theta, \phi)$  来表示辐射强度，自由空间天线的方向性系数就可以用方向性函数来表示，即

$$D = \frac{4\pi f_M^2}{\int \int f^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi} \quad (6)$$

上式中  $f_M$  为最大辐射方向的方向性函数。对于不对称垂直接地短天线，由上式计算方向性系数为  $D=3$ 。

(2) 式中的方向性系数是直接比照自由空间短天线确定的。一些书籍认为自由空间对称振子的一臂电长度  $l/\lambda$  与理想导电地面上垂直不对称天线的电长度相等，则二者应有相同的方向性系数。我们想，既然持这种观点就应该为理想导电地面上的垂直不对称天线的方向性系数做出专门的定义。因为这种天线的辐射功率  $P_E$  分布在地面上方  $2\pi$  立体角之内，应在  $2\pi$  立体角之内取平均辐射强度，即

$$U_0 = \frac{P_\Sigma}{2\pi} \quad (7)$$

于是，理想导电地面上的不对称垂直接地天线方向性系数应修正为

$$D = \frac{U_M}{U_0} = 2\pi \frac{U_M}{P_\Sigma} \quad (8)$$

不对称垂直接地天线方向性函数最大值  $f_M$  与其有效长度  $h_e$  的关系为

$$f_M = \frac{2\pi h_e}{\lambda} = \beta h_e \quad (9)$$

上式中  $\lambda$  和  $\beta$  分别是天线上的波长和相位常数。若求得不对称垂直接地天线的辐射电阻  $R_E$ ，则方向性系数可按下式计算：

$$D = \frac{60 f_M^2}{R_\Sigma} = \frac{60 (\beta h_e)^2}{R_\Sigma} \quad (10)$$

对于垂直接地短天线，辐射电阻为

$$R_\Sigma = 160 \left( \frac{\pi h_e}{\lambda} \right)^2 \quad (11)$$

把上式代入到 (10) 式可得方向性系数  $D=1.5$ 。这说明 (1)、(2) 两式有相同的计算结果。

综上所述，理想导电地面上不对称垂直接地天线方向性系数定义上存在着分歧的实质，是对平均辐射强度看法不同引起的。只要通过 (7) 式确定了不对称垂直接地天线的

平均辐射强度，就可以用（8）式来为不对称垂直接地天线定义方向性系数。这样，不对称垂直接地天线的方向性系数就有了明确的定义方式。

#### 参考文献

1. 魏文元、宫德明、陈必森. 天线原理, 北京: 国防工业出版社, 1985
2. 王元坤. 电波传播概论, 北京: 国防工业出版社, 1985
3. 谢处方. 电波与天线, 北京: 人民邮电出版社, 1963
4. 段崇睿. 电波与天线, 大连: 大连海运学院出版社, 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>