

# 基于 120° 波束宽度的移动通信基站天线-罩系统的电性能研究

李计峰

(南京航空航天大学, 南京 210016)

**[摘要]** 利用 Ansoft HFSS 软件, 以带有平板反射器的单极子柱状扇形天线为研究对象, 通过对比单层罩结构和 B 夹层罩结构对天线电性能影响的异同, 分析了天线谐振频率, 远场区辐射和带宽随罩壁厚度, 天线罩内径以及夹芯层占罩壁总厚度之比例等参数的变化趋势, 找出了以上参数对带宽影响的最优化范围, 在半功率波束改变不大的情况下, B 夹层天线罩具有单层罩近 2 倍的带宽。

**[关键词]** B 夹层天线罩; 移动通信; 带宽; 扇形天线; 波束宽度

[中图分类号] TN820.8<sup>+</sup>.1 [文献标识码] A [文章编号] 1006-141X (2009) 04-0019-03

## Study on the Electric Performances of Mobile Communication Basic Antenna-Radome System Based on 120° Beam Antenna

LI Ji-feng

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** The monopole rod antenna with a flat reflector is studied in the paper by using the software of Ansoft HFSS. The differences between the effects of electric performances caused by single layer radome and B-sandwich radome are compared. The variation tendency of resonance frequency and bandwidth depending on a series of parameters which include total depth of radome, the permittivity constant of dielectric interlayer material, the inner radius and the scale of the interlayer depth to the total radome's are analyzed. The optimal ranges that these parameters affect on the bandwidth are found out. In the case of small changes of half power beam, the result shows that the radome has got twice as much bandwidth as the single layer radome's.

**Key words:** B-sandwich Radome; mobile communication; resonance frequency; sector antenna; beam width.

### 1 研究背景

天线一天线罩系统之间的相互作用是一个比较复杂的电磁问题。在下一代移动通信系统中, 如著名的 IMT-2000, 其频率可以达到 2 GHz, 而未来移动通信的中心频率甚至更高。因此, 作为此系统中的一部分, 天线和天线罩的相互作用就成为了一个不可忽视的因素。所以在天线设计中, 天线输入

特性以及辐射模式受天线罩壁的影响有必要给予充分的重视。

早期的文献<sup>[3,4]</sup>曾研究了天线和罩壁之间相互影响的数值方法, 主要是低频法和混合法, 但是移动通信方面的罩壁研究工作却做的很少。对于此领域的天线罩, 位于天线近场区, 主要关心的是天线罩对天线方向图以及驻波比等指标的影响<sup>[9]</sup>。考虑到扇形覆盖天线在移动通信基站天线系统中占重

要的地位,因此本文研究在1.92 GHz的中心频率下,具有 $120^{\circ}$ 半功率波束宽度的扇形覆盖天线在覆有单层与B夹层天线罩时输入特性与辐射模式的变化。有学者也给出了移动通信基站天线的一些研究结果<sup>[1,2]</sup>,但是对于带宽的提高并不令人满意。

## 2 研究方法的实现

本研究的具体过程是:利用参考文献[8]中使用HFSS软件的经验,首先仿真了文献[2]提供的单层天线罩模型,得到的结论与文献[2]采用FDTD方法得出的结论一致;然后提出一种新型B夹层天线罩结构,通过不断改进电气参数的设计值以优化电气性能,最终实现了更高工程要求的宽带型天线罩结构。本文研究了天线的归一化谐振频率、驻波比一定下的带宽以及电场辐射等参数在单层与B夹层罩壁影响下的曲线变化趋势,并通过优化夹层罩壁的夹芯材料提出一种新的罩壁结构。结果表明,在波瓣宽度基本不变的情况下,夹层罩壁具有单层罩壁近2倍的带宽。

### 2.1 B夹层天线罩电性能随不同参数变化的分析

无罩时天线工作的中心频率 $f_r = 1.92\text{GHz}$ ,其工作波长 $\lambda_0 = 15.625\text{cm}$ 。单层天线罩和B夹层天线罩的中心频率分别为 $f_s$ 和 $f_B$ 。单层罩材料的相对介电常数 $\epsilon_r = 5.0$ ;B夹层天线罩采用蜂窝结构的复合材料(玻璃钢)夹层<sup>[10]</sup>,其中蒙皮的介电常数为 $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r3} = 2.2$ ,夹层的电性能常数为 $\epsilon_{r2} = 6.56$ , $\tan \delta \leq 0.005$ <sup>[6]</sup>,频率扫描范围:1.32~3.52 GHz。在两种罩壁模型中,反射器都是处在圆柱罩的轴心上,距离单极子天线 $\lambda_0/4$ 。

仿真设计中,考虑到复合材料的厚度对天线罩的电性能、刚度以及强度有很大的影响<sup>[7,9]</sup>,本文选取复合材料厚度占罩壁厚度的比重为 $T = 0.5$ 。

#### 2.1.1 输入特性随罩内径 $R_{in}$ 的变化

图1表明B夹层天线罩的谐振频率 $f_B$ 随着天线罩内径 $R_{in}$ 的变化要比文献[2]中单层天线罩的变化起伏小,说明在相同 $R_{in}$ 的情况下B夹层天线罩材料不容易引起谐振,即在我们研究的 $R_{in}$ 范围内,

一直有 $|\Delta f_B| \leq |\Delta f_s|$ 。图2示出在 $0.3\lambda_0 < R_{in} < 0.37\lambda_0$ 时,B夹层天线罩在带宽方面较单层罩壁结构有明显的提高,在 $R_{in} = 0.35\lambda_0$ 附近,更是达到了60%以上,但是我们也注意到,在 $R_{in} > 0.4\lambda_0$ 时,B夹层天线罩并没有显示出其带宽优势。图3示出了覆有不同厚度的B夹层罩壁的扇形天线带宽随 $R_{in}$ 参数的变化。由图可见,虽然在某一 $R_{in}$ 下天线的带宽随 $T_c$ 的变化并不明显,但在 $0.3\lambda_0 < R_{in} < 0.37\lambda_0$ 范围内,天线的带宽达到最大--超过60%,因此工艺上应尽量选择该范围内的 $R_{in}$ 值。为此当驻波比一定时,从提高天线带宽的角度出发, $R_{in} = (0.35 \pm 0.02)\lambda_0$ 是相当理想的选择。

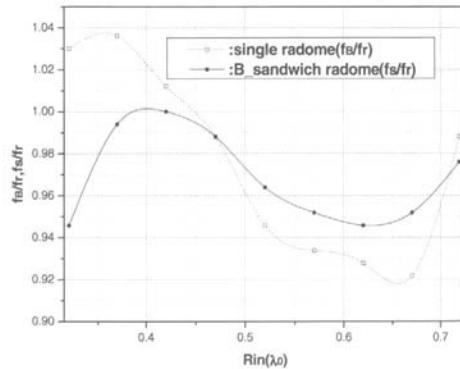


图1 加罩后扇形天线的归一化中心频率偏移比较

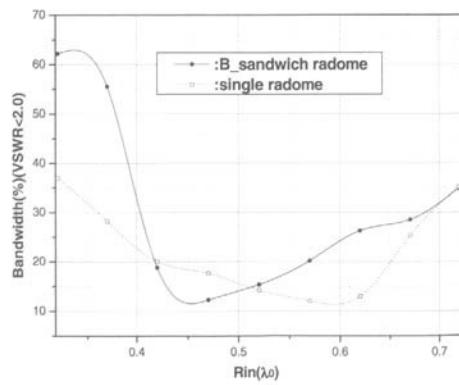


图2 加罩后扇形天线的带宽比较

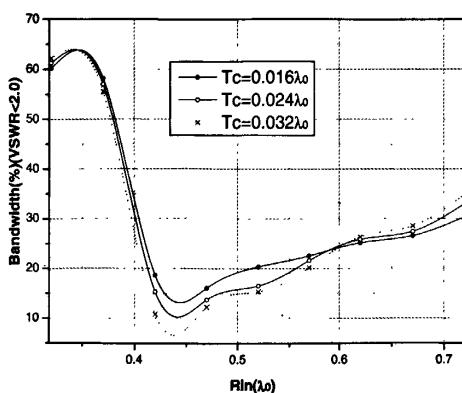


图 3 覆有 B 夹层罩壁的扇形天线带宽  
在不同罩壁厚度时的比较

### 2.1.2 输入特性随夹层厚度的比例 $T$ 的变化

由于在罩壁结构的设计中采用了夹层, 因此有必要讨论一下夹层比例  $T$  对天线性能的影响。在分析了天线加罩电性能随  $T_c, R_{in}$  的变化后, 在其各自的优势区域内选取了固定值  $R_{in} = 0.32\lambda_0$  和  $T_c = 0.032\lambda_0$ 。由图 4 可见, 随  $T$  的增加, 谐振频率  $f_B$  在  $0.95 \sim 1.05$  倍的  $f_r$  范围内呈波浪变化趋势, 但总的来说变化不是很大。带宽方面, 在  $0.4 < T < 0.55$  范围内, 带宽可以达到 55% 以上, 因此, 这个范围是在工程设计中应该优先考虑的。

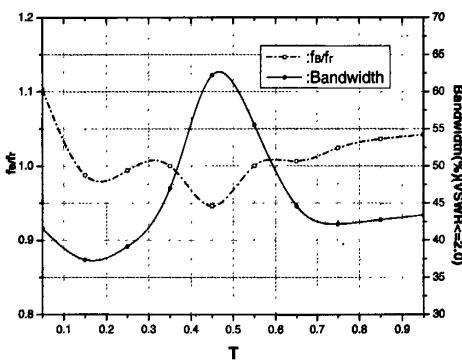


图 4 覆有 B 夹层罩壁的扇形天线带宽和归一化的  
中心频率偏移随  $T$  的变化

### 2.2 不同罩壁下扇形天线的辐射特性以及带宽比较

下面讨论在不同罩壁类型下, 天线远场区的辐射情况。考虑到前面分析的参数, 我们从图 1-4 中

选取各个参数的值为:  $R_{in} = 0.32\lambda_0$ ,  $T_c = 0.032\lambda_0$ ,  $T = 0.5$ 。通过分析得到水平方向上天线的辐射曲线 (如图 5 所示)。由图 5 可见, 在无罩时, 天线的半功率波束在  $-60^\circ \sim 60^\circ$  之间, 加罩时, 文献[2]使用的单层罩壁的波束宽度为  $-90^\circ \sim 90^\circ$ , 而我们所使用的 B 夹层罩壁的波束宽度为  $-65^\circ \sim 65^\circ$ 。需要说明的是, 在此采用的都是在不同情况下, 水平方向上各自归一化的电场  $dB$  数。在两种有罩的情况下, 扇形天线的辐射范围都有不同程度的变大。但是文献[2]中的波束宽度要比夹层罩壁的波束宽度大得多, 这样就与原来设计的扇形天线的覆盖指标相去甚远。在驻波比  $VSWR < 2.0$  时, B 夹层罩壁的带宽要比单层罩壁的带宽提高了近一倍, 因此, 我们设计的罩壁结构在电性能上有很大提高。

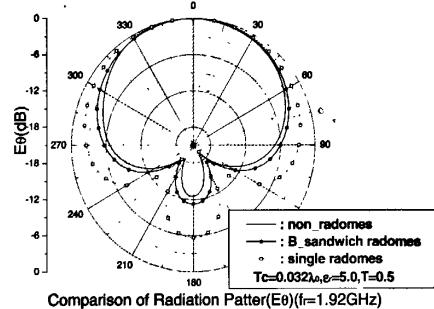


图 5 无罩, 单层罩壁以及 B 夹层罩壁时天线的远场区水平  
面上归一化电场辐射对比图

### 3 结论

本文通过对覆有单层罩和 B 夹层罩的扇形天线电特性的研究, 找出了罩壁厚度、天线罩内径以及内夹层厚度占罩壁总厚度的比例等参数对天线带宽影响的最优化范围, 并在此基础上研究了在不同罩壁影响的情况下, 天线的远场辐射问题。在扇形覆盖区域改变不大的情况下, B 夹层罩壁提高了比单层天线罩近一倍的带宽, 达到了工艺设计与实际应用的目的。

(下转第 26 页)

- [5] Fante R L, Vaccaro J J. Wideband cancellation of interference in a GPS receive array [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2000, (4):549-564.
- [6] 丁前军, 王永良, 张永顺. 自适应阵列中多级维纳滤波器的有效实现算法[J]. 电子与信息学报, 2006, 28(5): 424-426.
- [7] 黄磊, 吴顺军, 张林让. 基于多级维纳滤波器的信号子空间拟合算法[J]. 电子与信息学报, 2005, 27(8): 1197-1201.
- [8] Huang L, Wu S, Zhang L. A novel method for signal subspace fitting without eigendecomposition[C]. Proceeding of IEEE VTC Spring, 2005.
- [9] Honig M L, Goldstein J S. Adaptive reduced-rank interference suppression based on the multistage wiener filter[J]. IEEE Transactions on Communications, 2005: 2943-2959.

[收稿日期] 2009-03-02

[修回日期] 2009-05-19

[作者简介] 翟永刚, 电子科技大学在读研究生。主要研究方向: 卫星导航接收机抗干扰技术。

吕 明, 电子科技大学副教授, 研究生导师。主要研究方向: 通信和雷达信号处理。

(上接第 21 页)

### 参 考 文 献

- [1] Huiling Jiang, Hiroyuki ARAI, Yoshio EBING. FDTD analysis of input characteristic of monopole antenna covered with cylindrical radome[J]. A.P.IEEE; 2000: 1480-1483.
- [2] Huiling Jiang, Hiroyuki ARAI, Yoshio EBING. Antenna-radome interaction of 2 GHz Band 120°beam antenna[J]. A.P. IEEE, 2001, 13(13): 66- 69.
- [3] M. A. Abdel Moneum, Z. Shen, J.L. Volakis, et al. Hybrid PO-MoM analysis of large axi-symmetric radomes[J]. A.P.IEEE, 2001, 49(12): 1657-1666.
- [4] Richard K. Gordon, Member, Raj Mittra. Finite element analysis of axisymmetric radomes[J]. A. P. IEEE , 1999, 41(7): 975-981.
- [5] S. Finistauri, G. Marrocco, G.D'orio, et al. Investigation on pattern distortion of landscape-compliant 3G base-station antennas[J]. A. P. IEEE, 2004, (11): 1054-1057.
- [6] 王笃祥. 宽带改型 B 夹层天线罩壁结构[J]. 电子科学学报, 1994, 16(3): 232-237.
- [7] 夏文干, 韩养军, 杨洁, 等. 高功率高透波材料的研究[J]. 高科技纤维与应用, 2003, 128(2): 39-43.
- [8] 张乐. 有限元法设计引信天线罩[J]. 制导与引信, 2002, 123(4): 22-27.
- [9] 彭望泽. 防空导弹天线罩[M]. 北京: 宇航出版社, 1991.
- [10] 周祝林. 复合材料雷达天线罩的最优化设计[J]. 纤维材料学报, 2004(4): 31-36.

[收稿日期] 2009-05-04

[作者简介] 李计峰 (1977-), 男, 工程师。当前研究方向: 信号与信息处理。

## 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>