

# 某机载天线的结构优化设计

王 婧

中国西南设计研究所，四川 成都 610036

王 婧



**摘 要**  
本文针对某机载天线的结构设计，重点介绍了天线底座、天线背板以及天线罩等关键结构件的设计思路及设计方案。该方案经实践证明切实可行，对类似的天线研制具有一定借鉴意义。

**关键词**  
机载天线；结构设计

DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2014.07.077

机载天线是飞机系统与其他系统进行电磁能量交换的转换设备，是飞机感知系统（传感器）的一部分<sup>[1]</sup>。由于机载平台的空间非常有限，而其工作环境条件明显不同于地面平台和舰船平台，所以机载天线的设计要求天线从重量、高度、外形、振动、冲击、电磁兼容、通风散热等方面都能够很好适应载机的工作环境条件。

## 1 设计要求

设计过程主要基于天线的用途、安装方式、工作环境条件等因素，对各种因素进行综合考虑，决定了天线的结构形式：某机载天线主要由底座、天线背板、天线体、TR组件以及天线罩组成。

设计要求提出该天线的结构设计主要包括以下几点：1）天线外形尺寸不得大于Φ120mm×88mm；2）重量<2kg；3）要求天线装机以后天线罩能够单独拆卸；4）要求天线具有防水、防霉、防盐雾能力，即“三防”；5）满足相应的工作温度、贮存温度、加速度、冲击振动等环境适应性要求。

根据以上设计要求，某机载天线主要包括底座、背板以及天线罩的设计。

## 2 底座的结构设计

天线罩和天线背板都固定在底座上，机载天线则通过底座与载机连接，因此底座既要满足天线与载机平台的安装要求，也要满足天线罩和背板的固定要求。与底座连接的天线罩为非金属材料，要达到高加工精度不容易，因此设计中将精度要求较高的密封槽设计在底座上。另外机载产品对重量的要求非常严格，我们需要将减重作为设计过程中重要的一环，在保证强度的前提下尽可能去除多余材料。天线底座的结构如图1所示。

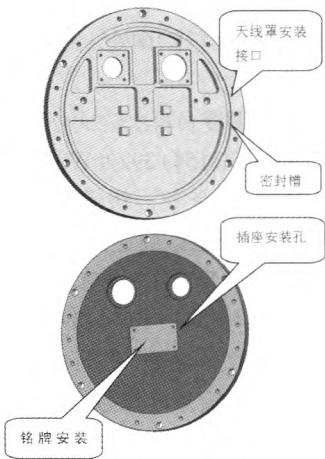


图1 天线底座结构

## 3 天线背板的优化设计

天线背板作为关键结构件，一方面用于安装天线体和TR组件，另外一方面在设计中也必须考虑天线体与TR组件电信号的连接。在设计初期天线背板的结构考虑了A和B两种方案，如图2和图3所示，后期又通过数值仿真计算来指导方案的选择和进一步优化。

在两种结构的背板上施加相同的载荷，经过计算得到固有频率如表1所示。

表1 A/B方案固有频率

阶数	A	B
1	686.66	647.63
2	1991.	2095.2
3	2828.8	2981.5
4	3178.4	4290.1
5	5994.8	4367.4

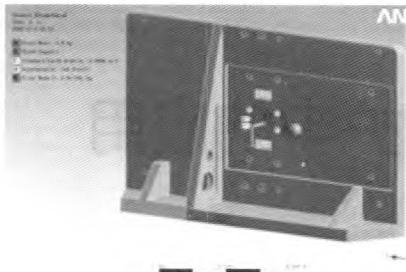


图2 A设计方案

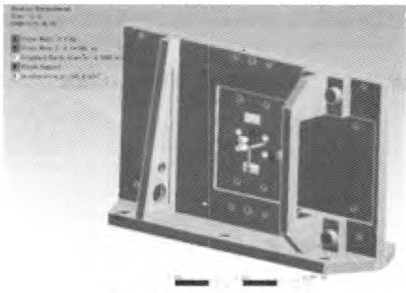


图3 B设计方案

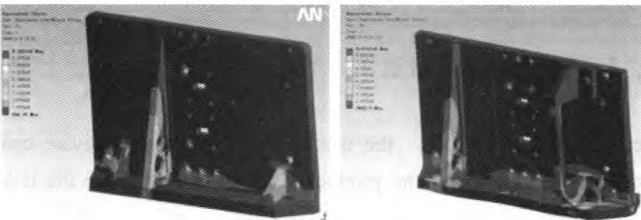


图4 A/B方案静态应力图

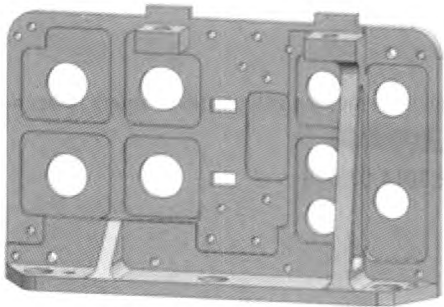


图5 天线背板结构

A、B两种结构的静态应力分布如图4所示。

数值计算的结果显示，两种方案的5阶固有频率和静力分布的结果差异不大，但是A方案质量较轻，所以在A方案基础上，进行详细设计，最终天线背板的结构如图5所示。

### 4 天线罩的设计

#### 4.1 材料选择

天线罩是功能性复合材料结构件，因此材料是天线罩研制的重要基础，没有好的天线罩材料，再好的介电性能设计也不会成为现实<sup>[2]</sup>，因此天线罩材料的选择在设计中显得尤为重要。在材料选择过程中，需要考虑材料的介电性能、力学性能、三防性能和工艺性等要求，其中材料的介电性能（介电常数和损耗角正切）直接关系到天线罩的电性能，因此是选择材料的主要考虑因素。表2列举出了常用天线罩材料的介电性能。

表2 常用天线罩材料的介电性能			
	石英纤维	E玻璃纤维	D玻璃纤维
相对介电常数	3.3~3.5	6.11	3.8
损耗角正切tan δ	0.01~0.02	0.0039	0.0005

从表2中可以看出，石英纤维和D玻纤具有很好的介电性能，是非常理想的透波增强材料，但是其生产工艺性差，生产成本较高，因此使用较少，目前国内使用的透波复合材料仍以E玻璃纤维和S玻璃纤维为主，而环氧树脂则成为使用最为广泛的树脂基体材料，用以粘接各层纤维。

#### 4.2 结构设计

天线罩的设计应该遵循电气与结构设计要求相匹配的原则，否则将大大降低天线的性能。因此天线罩的形状、形式、厚度的选择要经过电气参数的设计分析，天线罩为均质单层结构时，透波面的厚度计算为：

$$d = \frac{n\lambda}{2(\epsilon - \sin^2\theta)^{1/2}}$$

- n——正整数，阶数，一般取1或2
- λ——自由空间波长
- ε——相对介电常数
- θ——入射角

根据E玻璃纤维/环氧树脂复合材料特性经过计算得到天线罩透波面的厚度数据。

在天线罩的设计中还必须考虑天线的防护要求，如防水、防盐雾、防尘等，密封槽设计在底座上，为了达到密封圈的设计压缩量，设计中要求天线罩与底板的接触面保证较高的平面度要求。

天线罩的成型需要模具，必须要保证天线罩加工完成后能顺利脱模，因此在天线罩四周设计了一定的拔模斜度。

#### 4.3 工艺方法

某机载天线罩的制作时采用手工铺迭和热压罐成型技术。在模具外采用E玻璃纤维布逐层敷制，根据天线罩的厚度参数选择敷制的层数，层间采用环氧树脂粘接，敷制过程中尽量保持透波面纤维的整体均匀性，如果材料的一致性不好，就导致在不同方向上通过天线罩的电场的变化不一样。天线罩敷制完成后，厚度比技术要求的尺寸大0.9mm左右，再通过抽真空的方法排出E-玻璃纤维布内部及层间的空气，使得纤维布各层之间更紧致压缩，使得天线罩的厚度达到技术要求的尺寸和精度，同时使环氧树脂充分填充至纤维布的微孔内，最终达到密封的效果。

### 5 结语

本文以一种机载天线的结构设计为例，介绍了该类天线的设计思想和关键结构件的优化设计方法，为同行类似设计起到一定借鉴和参考作用。随着天线技术的发展，机载天线趋于小型化，将对结构设计提出更高的要求。

### 参考文献

[1] 陈玉东，全力民. 机载天线及其布局设计要求[J]. 航空电子技术，2008，（3）.

[2] 教辽辉. 天线罩技术的发展[J]. 电讯技术，2000，（2）.

## 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,一直致力和专注于微波、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>