

## HFSS FULL BOOK v10 中文翻译版 568 页(原 801 页)

(分节 水印 免费 发布版)

**微波仿真论坛 -- 组织翻译 有史以来最全最强的 HFSS 中文教程**

**感谢所有参与翻译,校对,整理的会员**

版权申明: 此翻译稿版权为微波仿真论坛(bbs.rfeda.cn)所有. 分节版可以转载. [严禁转载 568 页完整版.](#)



**推荐: EDA问题集合(收藏版) 之HFSS问题收藏集合** → <http://bbs.rfeda.cn/hfss.html>

- Q: 分节版内容有删减吗? A: 没有, 只是把完整版分开按章节发布, 免费下载. 带水印但不影响基本阅读.
- Q: 完整版有什么优势? A: 完整版会不断更新, 修正, 并加上心得注解. 无水印. 阅读更方便.
- Q: 本书结构? A: 前 200 页为使用介绍. 接下来为实例(天线, 器件, EMC, SI 等). 最后 100 页为基础综述
- Q: 完整版在哪里下载? A: 微波仿真论坛 ( <http://bbs.rfeda.cn/read.php?tid=5454> )
- Q: 有纸质版吗? A: 有. 与完整版一样, 喜欢纸质版的请联系站长邮寄rfeda@126.com 无特别需求请用电子版
- Q: 还有其它翻译吗? A: 有专门协助团队之翻译小组. 除 HFSS 外, 还组织了 ADS, FEKO 的翻译. 还有正在筹划中的任务!
- Q: 翻译工程量有多大? A: 论坛 40 位热心会员, 120 天初译, 60 天校对. 30 天整理成稿. 感谢他们的付出!

Q: rfeda.cn 只讨论仿真吗?

A: 以仿真为主. 微波综合社区. 论坛正在高速发展. 涉及面会越来越广! 现涉及 微波|射频|仿真|通信|电子|EMC|天线|雷达|数值|高校|求职|招聘

Q: rfeda.cn 特色?

A: 以技术交流为主, 注重贴子质量, 严禁灌水; 资料注重原创; 各个版块有专门协助团队快速解决会员问题;

<http://bbs.rfeda.cn> --- 等待你的加入

**RFEDA.cn**

**rf**---射频(Radio Frequency)

**eda**---电子设计自动化(Electronic Design Automation)



# RFEDA微波社区

微波仿真论坛 | 微波仿真网 | 博客 | 微波商城

bbs.rfeda.cn | www.rfeda.cn | blog | shop

微波|射频|仿真|通信|电子|EMC|天线|雷达|数值 ---- 专业微波工程师社区: <http://bbs.rfeda.cn>

---

## 致谢名单 及 详细说明

<http://bbs.rfeda.cn/read.php?tid=5454>

一个论坛繁荣离不开每一位会员的奉献  
多交流, 力所能及帮助他人, 少灌水, 其实一点也不难

## 打造国内最优秀的微波综合社区

还等什么? 加入 RFEDA.CN 微波社区

我们一直在努力

微波仿真论坛

bbs.rfeda.cn

RFEDA.cn

rf---射频(Radio Frequency)

eda---电子设计自动化(Electronic Design Automation)

## 第一章 Ansoft HFSS 参数化建模

### 第一节 边界条件

#### 一、边界条件 (Boundary Conditions)

这一章向我们描述了应用边界条件的基础知识。边界条件使得你能够控制平面，物体表面，以及不同物体之间交界面的性质。边界条件对于理解和求解麦克斯韦方程组是很重要的。

#### 二、为什么边界条件很重要

边界条件的重要性不言而喻，在电磁场理论中我们知道，我们所求解的电磁场问题都归结于麦克斯韦方程组的求解。在假定场矢量是单值、有界，并且在空间沿其导数方向连续分布时，麦克斯韦方程才是有效的。当跨越边界或者激励源时，场矢量就不再连续了，它的导数也就没有意义了。因此边界条件决定了跨越不连续边界时场的行为。

作为一个 HFSS 的使用者来说，你需要了解边界条件下的场的假定。由于边界条件改变了场的连续性，我们应当知道这些改变以便我们能够决定它对于仿真是否恰当。不恰当的使用边界条件会导致与实际不一致的结果。

恰当的使用边界条件能够减小模型的复杂度。实际上 HFSS 自动的利用边界条件降低模型的复杂性。对于无源的 RF 器件，HFSS 可以被看作虚拟的拓扑世界。与真实的无限空间的世界不同，虚构的拓扑世界是有限的。为了在有限的空间内模拟无限的真实世界，HFSS 应用背景条件或者外部边界条件来包围几何模型区域。

模型的复杂度直接关系到求解的时间以及所占用的计算机资源，在任何时候提高计算机的性能对计算都是非常有利的。

#### 三、一般的边界条件

有三种类型的边界条件。前面两种很大程度由用户来定义并确保其正确性。其中材料边界条件对于用户来说是非常明确的。

##### 1. 激励源

波端口 (外部)  
集总端口 (内部)

##### 2. 表面近似

对称面  
理想电边界和理想磁边界  
辐射表面  
背景或外表面 (outer)

##### 3. 材料特性

两种不同介质的交界面  
有限导电率的导体

#### 四、背景是如何影响结构的

背景是包围几何模型并且填充那些没有被物体占据空间的区域。任何与背景接触的表面将会被自动

的定义为理想电边界 (Perfect E) 并被命名为外部 (outer) 边界条件。你可以想象, 这就像你的结构被装入了一个薄的理想导体内。

如果有必要的话, 你可以改变一个暴露于背景的表面的性质, 使得它不同于outer (理想电边界)。

为了模拟表面上的差损, 你可以重新定义表面为有限电导率边界 (Finite Conductivity) 或阻抗边界 (Impedance boundary)。有限电导率边界可以是一个有损耗的金属, 其损耗是频率的函数。有限电导率边界可以通过设定电导率和相对磁导率来定义。阻抗边界由实部和虚部组成, 它随频率变化保持不变。

为了模拟表面不能允许波辐射到空间无穷远处, 将暴露于背景中的表面重新定义为辐射边界 (Radiation Boundary)。

背景能够影响到你如何设定材料。比如, 你正在建立一个空气填充的矩形波导, 你可以创建一个波导形状的物体并且定义它是空气。这个波导的表面被自动的设定为理想导体并被给予边界条件 outer, 或者你也可以将它改变为有损耗的导体。

## 五、边界条件的优先级

在HFSS中边界条件设定的次序是很重要的。后来设定的边界将具有比先前设定高的优先级。

举个例子来说, 如果某个物体上的一个面被设定为理想电边界, 但在这个面上的一个孔被设定为理想的磁边界, 那么在这个孔的区域上, 理想磁边界将取代理想电边界, 电场将通过这个孔。如果上面的操作颠倒一下次序的话, 那么理想电边界将取代理想磁边界, 没有电场可以通过。

一旦边界被设定了, 它们还可通过 HFSS > Boundaries > Re-prioritize 重新排列优先级。边界的优先级可以通过在菜单中上下拖动来达到。提示: 端口总是采用最高的优先级。

## 六、边界条件的技术定义

**激励源 (Excitation)** ——激励端口是一种允许能量流入和流出结构的边界条件。更多的请看激励这一节。

**理想电边界 (Perfect E)** ——理想电边界是理想的电导体, 也就是理想导体。在这种边界条件下, 电场线垂直于其表面。有两种情况是自动的设置理想电边界的。

1. 任何物体的表面如果接触到了背景就会被自动的设置理想电边界, 并被命名为outer。
2. 如果一个物体被设置为理想的电导体材料 (PEC) (Perfect Electric Conductor), 它的表面就会被自动的设置理想电边界, 并被命名为 smetal。

**理想磁边界 (Perfect H)** ——理想磁边界是一个理想的磁导体。边界上的电场线与它表面相切。

**自然边界 (Natural)** ——当理想电边界与理想磁边界重叠的时候, 重叠的区域将恢复到它原来的材料特性。它不会影响任何材料的赋值。例如, 可以用它来模拟地平面上的同轴线馈源图案。

**有限电导率边界 (Finite Conductivity)** ——有限电导率边界将使你把物体表面定义有耗 (非理想) 的导体。它是非理想的电导体边界条件。并且可类比为有耗金属材料的定义。为了模拟有耗表面, 你应提供以西门子/米 (Siemens/meter) 为单位的损耗参数以及导磁率参数。计算的损耗是频率的函数。它仅能用于良导体损耗的计算。其中电场切线分量等于  $Z_s(n \times H_{tan})$ 。表面电阻 ( $Z_s$ ) 就等于  $(1+j)/(\delta\sigma)$ 。其中,

$\delta$  是趋肤深度; 导体的趋肤深度为  $(2/(\omega\sigma\mu))^{0.5}$

$\omega$  是激励电磁波的频率。

$\sigma$  是导体的电导率

$\mu$  是导体的导磁率

**阻抗边界 (Impedance)** ——一种采用解析公式计算场行为和损耗的阻性表面。表面的切向电场等于  $Z_s(n \times H_{tan})$ ，表面的阻抗为  $R_s + jX_s$ ，其中

$R_s$  是以ohms/square为单位的电阻

$X_s$  是以ohms/square为单位的电抗

**层间电阻 (Layered Impedance)** ——结构中的多层薄层可以用阻抗表面模拟。更多的信息请看在线帮助文档中关于层间电阻边界的内容。

**集总 RLC 边界 (Lumped RLC)** ——一种由集总电阻，电容，电感并联组成的表面。仿真类似于阻抗边界，只不过 HFSS 采用用户提供的集总的  $R$ ， $L$ ， $C$  值来计算阻抗。

**无限大地平面 (Infinite Ground Plane)** ——通常来说，地平面被当作无限大的理想电边界，有限电导率边界，或者阻抗边界条件来处理。如果在结构中采用了辐射边界条件，那么地平面就相当于是一个阻止远场能量穿过地平面的屏蔽层。为了模拟无限大地平面，在定义理想电边界，有限电导率边界，或者阻抗边界条件时选中无限大地平面复选框。提示：选中无限大地平面只改变远区电场方向图，不会改变地面上的电流分布。

**辐射边界 (Radiation)** ——辐射边界，也称作吸收边界，使我们可以模拟开放的表面：电磁波可以向辐射边界辐射出结构。系统在辐射边界处吸收电磁波，本质上就可把边界看成是延伸到空间无限远处。辐射边界可以放置在离结构相对较近的地方并且可以是任意形状。这就排除了对球面边界的需要。对包含辐射边界的结构，计算的  $S$  参数包含辐射损耗。当结构中包含辐射边界时，远区场计算作为仿真的一部分被完成。

**对称边界 (symmetry)** ——表现为E面和H面的对称。对称边界使我们仅仅需要模拟部分结构，这就减小了设计的尺寸和复杂度。从而也就缩短了仿真时间。与一般的E面和H面不同，当E面和H面通过端口的时候就可以将其设置为对称边界。在这种情况下，端口具有不同的功率，电压，电流，以及阻抗。为了使使用了对称面的端口和整个端口一致，在边界向导时你必须使用阻抗倍乘系数。

对于对称H面，阻抗倍乘系数是0.5。

对于对称E面，阻抗倍乘系数是2。

使用对称面时还应注意：

对称面必须暴露于背景

对称面不能穿过 3D 模型窗口中的物体

对称面必须定义在一个平面上

一个问题中只能定义三个垂直的对称面

**主从边界 (Master/Slave)** ——主从边界使你能够模拟一个平面上的电场与另一个平面上的电场有一个周期性的相位差。它将使得在从边界上每点的电场与主边界上相应的每点的电场有一个相位差。这在仿真，比如说，无限大天线阵的时候很有用。使用主从边界时还应注意：

它们只能定义在平面上

其中一个边界面形状必须和另一个边界面形状相对应

**任意的波源 (Arbitrary Wave Source)**

极化平面波（圆极化，椭圆极化）

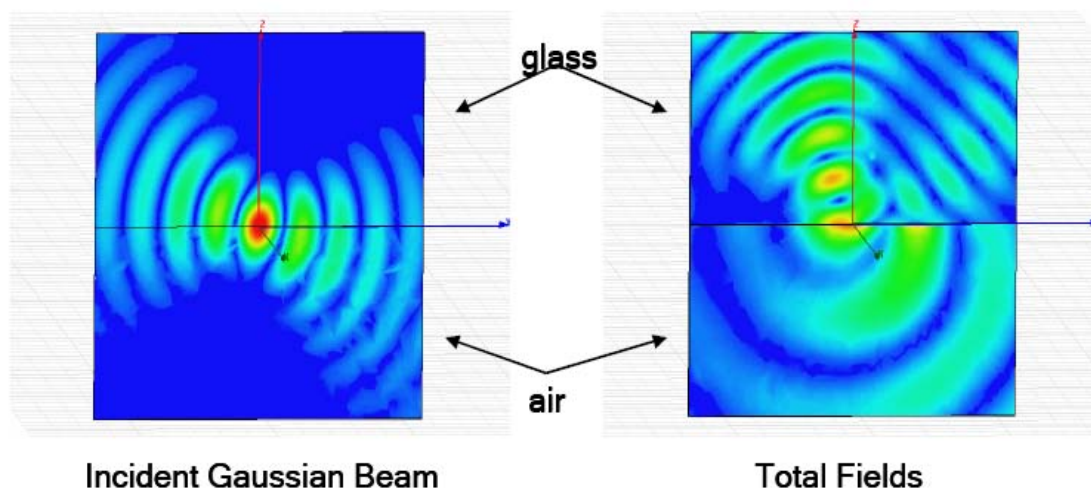
凋落平面波

高斯波束

赫兹双级子以及线源

线天线





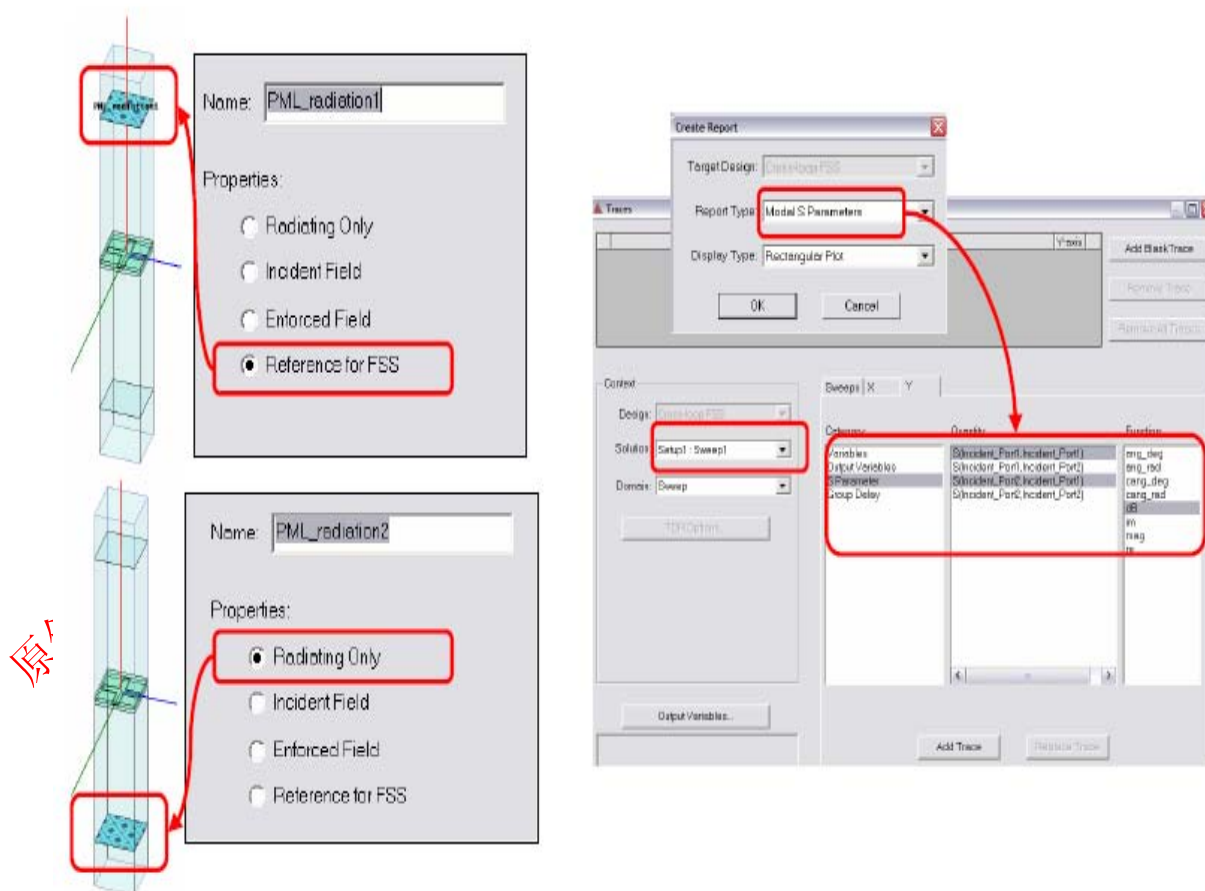
F.1.1.1

频率选择表面 (Frequency Selective Surface)

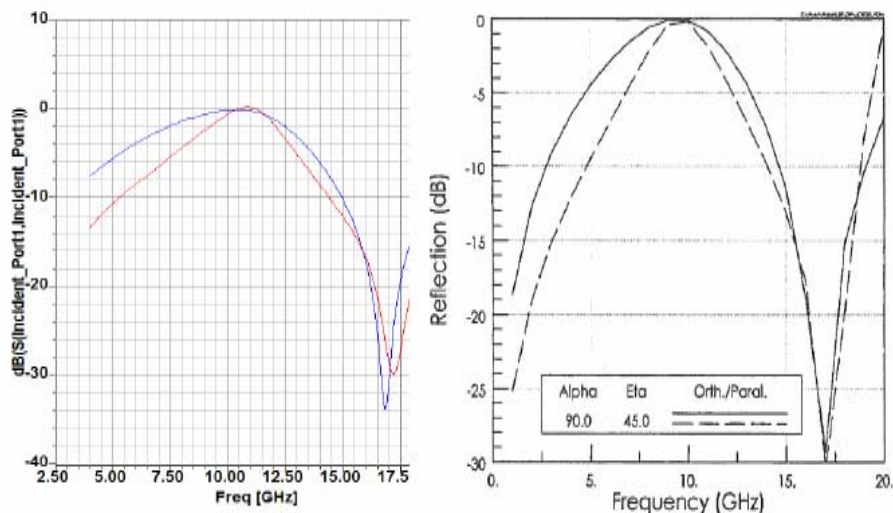
自动计算反射, 传输

可以采用插入扫描

章节发布版



F.1.1.2



Frequency Selective Surfaces: Theory and Design.

Ben A. Munk, Fig 2.15, pg 38

F. 1. 1. 3

原创：微波仿真论坛(<http://bbs.rfeda.cn>) 分章节发布

原创：微波仿真论坛(<http://bbs.rfeda.cn>) 分章节发布版 --- 版权所有RFEDA.cn



# 完整版 目录

版权申明: 此翻译稿版权为微波仿真论坛([bbs.rfeda.cn](http://bbs.rfeda.cn))所有. 分节版可以转载. [严禁转载 568 页完整版](#)  
如需纸质完整版(586 页), 请联系 [rfeda@126.com](mailto:rfeda@126.com) 邮购

封面.pdf
hfss_full_book中文版.pdf
002-009 内容简介
绪论
010-021 HFSS 用户界面
022-051 创建参数模型
第一章 Ansoft HFSS参数化建模
052-061 边界条件
062-077 激励
第二章 Ansoft HFSS求解设置
078-099 求解设置
第三章 Ansoft HFSS数据处理
100-125 数据处理
第四章 Ansoft HFSS求解及网格设定
126-137 求解循环
137-155 网格
第五章 天线实例
160-181 超高频探针天线
182-199 圆波导管喇叭天线
200-219 同轴探针微带贴片天线
220-237 缝隙耦合贴片天线
238-259 吸收率
260-281 共面波导(CPW)馈电蝶形天线
282-303 端射波导天线阵
第六章 微波实例
306-319 魔T
320-347 同轴连接器
348-365 环形电桥
366-389 同轴短线谐振器
390-413 微波端口
414-435 介质谐振器
第七章 滤波器实例
438-457 带通滤波器
458-483 微带带阻滤波器
第八章 信号完整性分析实例
486-525 低压差分信号(LVDS)差分线
526-567 分段回路
568-593 非理想接地面
594-623 回路
第九章 电磁兼容/电磁干扰实例
624-643 散热片
644-665 屏蔽体
第十章 On-chip无源实例
668-697 螺旋形传感器
第十一章 相关知识补充
698-757 综述
760-801 边界与激励
致谢.pdf