

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)

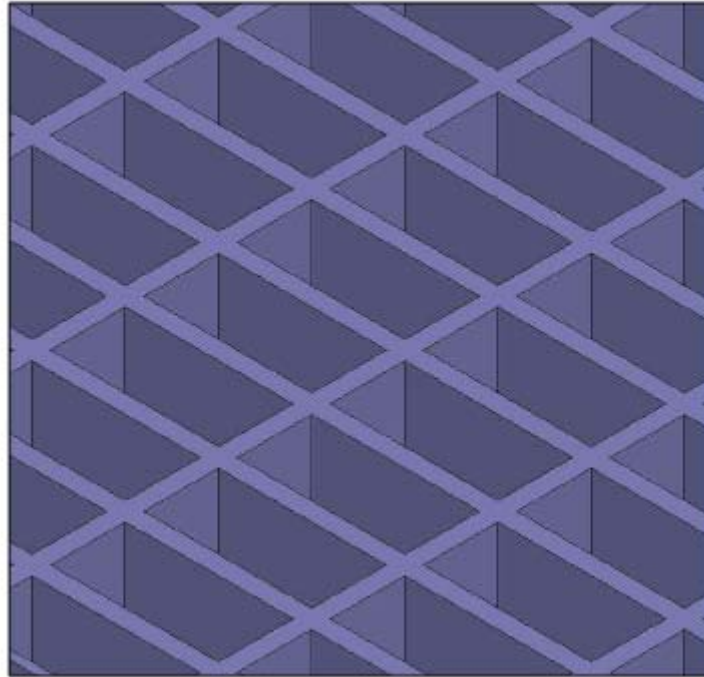
eda---电子设计自动化(Electronic Design Automation)

第七节 端射波导天线阵

端射波导阵列天线

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个端射波导阵列天线

1. 例子中将会使用波端口来进行馈电
2. PML（理想匹配层）将作为辐射负载来使用
3. 主/从边界条件也会在这个阵列例子中使用



F 5.7.1

参考文献:

- [1]C.A.Balanis , “ Antenna Theory-analysis and design ” Harper and row.Publishers.,Lnc.,1982,ISBN0-06-040458-2,section 6.2.
- [2]S.W.Lee and W.R.Jones,“On the suooerssion of radiation nulls and broadband and impedance matching of rectangular waveguide phased anrrays”,
IEEE Trans. On antennas propagate.,vol.AP-19,No.1pp.41-51,Jan.1971.

设计回顾

1. 使用主/从边界条件,我们只画一个单元来代替整个阵列模型
2. 因为主/从边界条件允许我们改变扫描角度,所以我们需要一个比简单的辐射边界条件更好的辐射条件放在天线的上方,我们将使用 PML 作为辐射负载。

Ansoft HFSS 设计环境

下面来讲一下利用 Ansoft HFSS 设计环境来设计这个无源器件主要用到软件的哪些特性:

3D 固体建模

- 主要部分: 盒子
- 其他: 完美匹配层 (PML)

边界和激励

- 端口: 波端口
- 边界: 主/从边界, 阻抗

分析

- 扫频: 不使用

结果:

- 直角坐标系作图

场覆盖:

- 辐射模式

优化:

- 参数扫描

一. 开始

一) 启动 Ansoft HFSS

1. 点击微软的开始按钮, 选择程序, 然后选择 **Ansoft, HFSS10** 程序组, 点击 **HFSS10**, 进入 Ansoft HFSS。

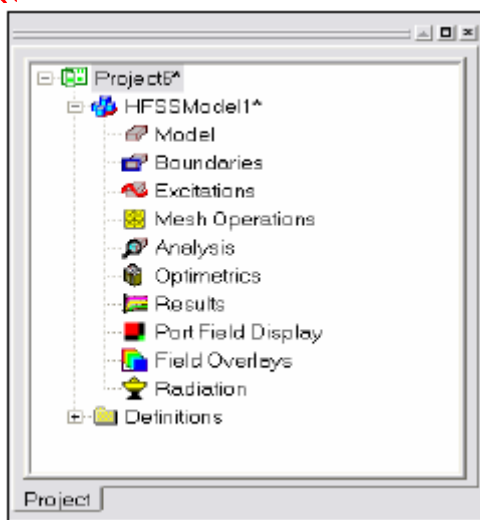
二) 设置工具选项

注意: 为了按照本例中概述的步骤, 应核实以下工具选项已设置:

1. 选择菜单中的 **工具 (Tools) > 选项 (Options) > HFSS 选项 (HFSS Options)**
2. HFSS 选项窗口:
 - 1) 点击 **常规 (General)** 标签
 - a. 建立新边界时, 使用数据登记项的向导 (Use Wizards for data entry when creating new boundaries) : 勾上。
 - b. 用几何形状复制边界 (Duplicate boundaries with geometry) : 勾上。
 - 2) 点击 **OK** 按钮。
3. 选择菜单中的 **工具 (Tools) > 选项 (Options) > 3D 模型选项 (3D Modeler Options)**
4. 3D 模型选项 (3D Modeler Options) 窗口:
 - 1) 点击 **操作 (Operation)** 标签
自动覆盖闭合的多段线 (Automatically cover closed polylines): 勾上。
 - 2) 点击 **画图 (Drawing)** 标签
编辑新建原始结构的属性 (Edit property of new primitives): 勾上。
 - 3) 点击 **OK** 按钮

三) 打开一个新工程

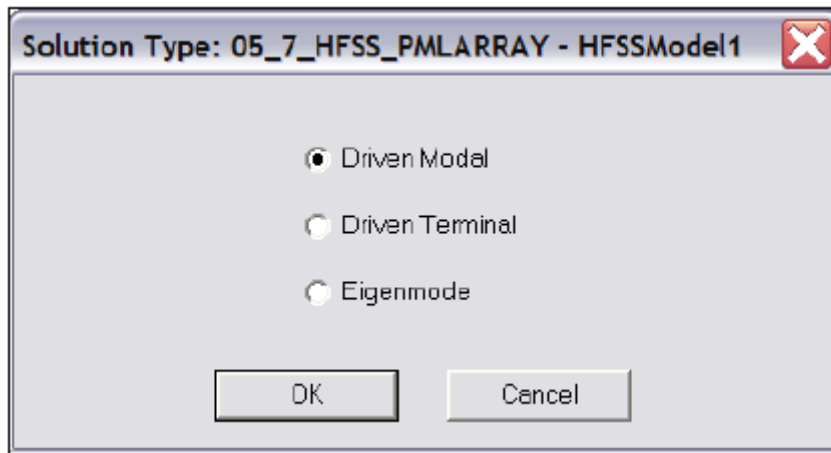
1. 在 HFSS 窗口, 点击标准工具栏中的新建图标, 或者选这菜单中 **文件 (File) > 新建 (New)**。
2. 从 **工程 (Project)** 菜单中选择 **插入 HFSS 设计 (Insert HFSS Design)**。



F 5.7.2

四) 设置求解类型

1. 选择菜单 **HFSS** > **Solution Type** 。
2. **Solution Type** 窗口:
 - 1). 选择模式驱动 (Driven Modal)。
 - 2). 点击确定

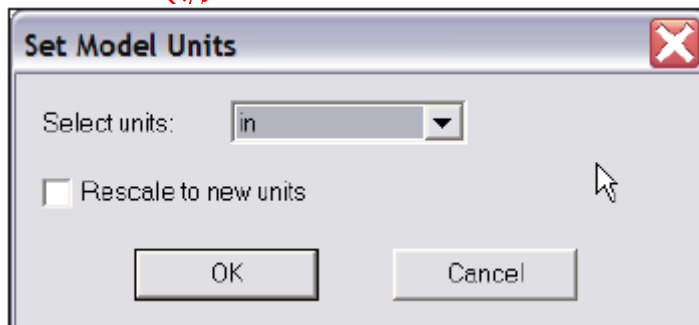


F 5.7.3

二. 创立 3D 模型

一) 设置模型单位

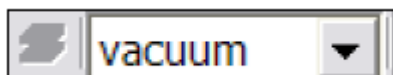
1. 选择菜单选项 **3D Modeler**> **Units**
2. 选择模型单位
 - 2.1 选择单位: **in**
 - 2.2 点击 **OK** 按钮



F 5.7.4

二) 设置默认材料

1. 在 3D 建模器材料工具条里, 确定默认的材料为真空 (vacuum)



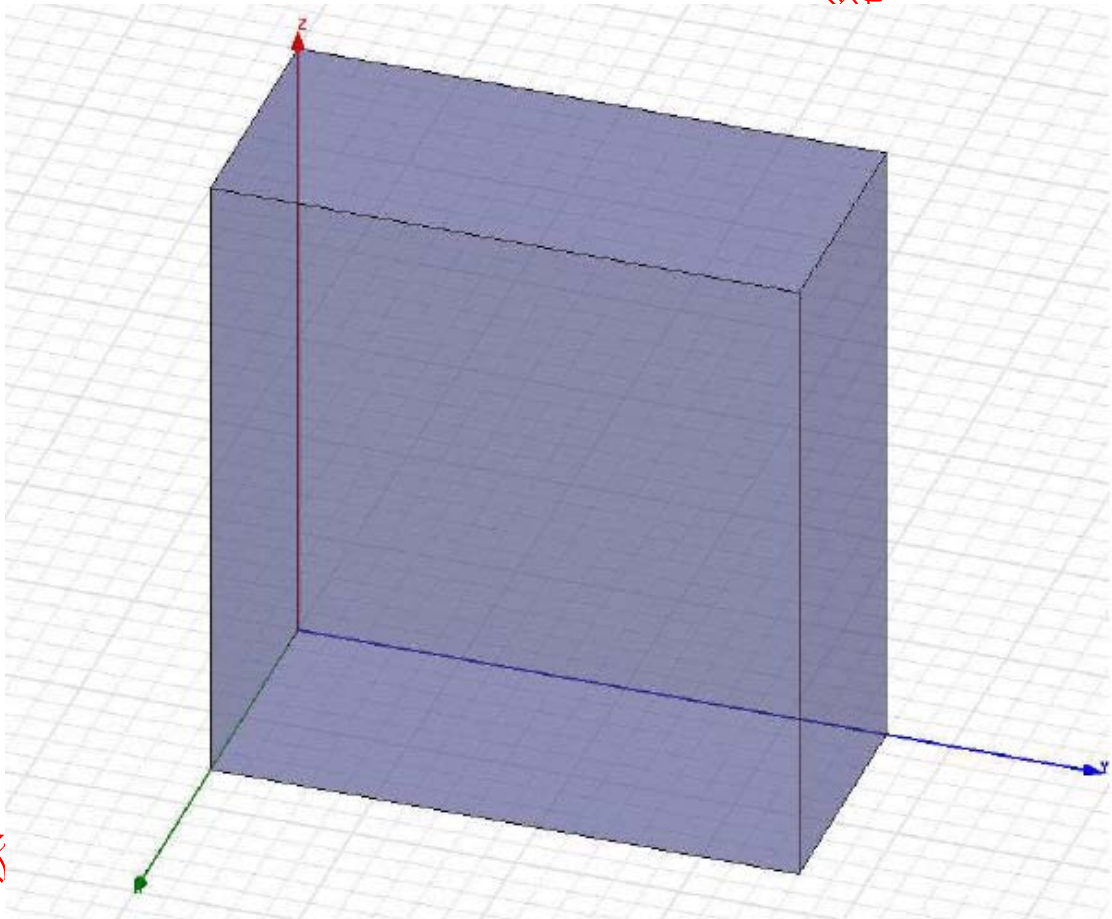
F 5.7.5

三) 创建波导

1. 选择菜单选项 **Draw>Box**
2. 使用坐标输入区, 输入盒子位置
X:0 Y:0 Z:0, 点击 **Enter** 键
3. 使用坐标输入区, 输入盒子的对角坐标
dx: 0.4 dy: 0.9 dz: 1.0 点击 **Enter** 键
命名
1. 在道具 (**Properties**) 窗口中选择属性 (**Attribute**) 标签
2. 在 **Value of Name** 填入 **waveguide**
3. 点击 **ok** 按钮

调整视角:

1. 选择菜单选项 **View>Fit All>Active View** 或者是按下 **CTRL+D** 键



F 5.7.6

四) 创建空气盒子

1. 选择菜单选项 **Draw>Box**
2. 在直角坐标下, 输入盒子的起始坐标
X:-0.05 Y:-0.05 Z:1.0, 点击 **Enter** 键

3. 使用坐标输入区, 输入盒子对角的位置

dx: 0.5 dy: 1.0 dz: 1.0 点击 **Enter** 键

命名

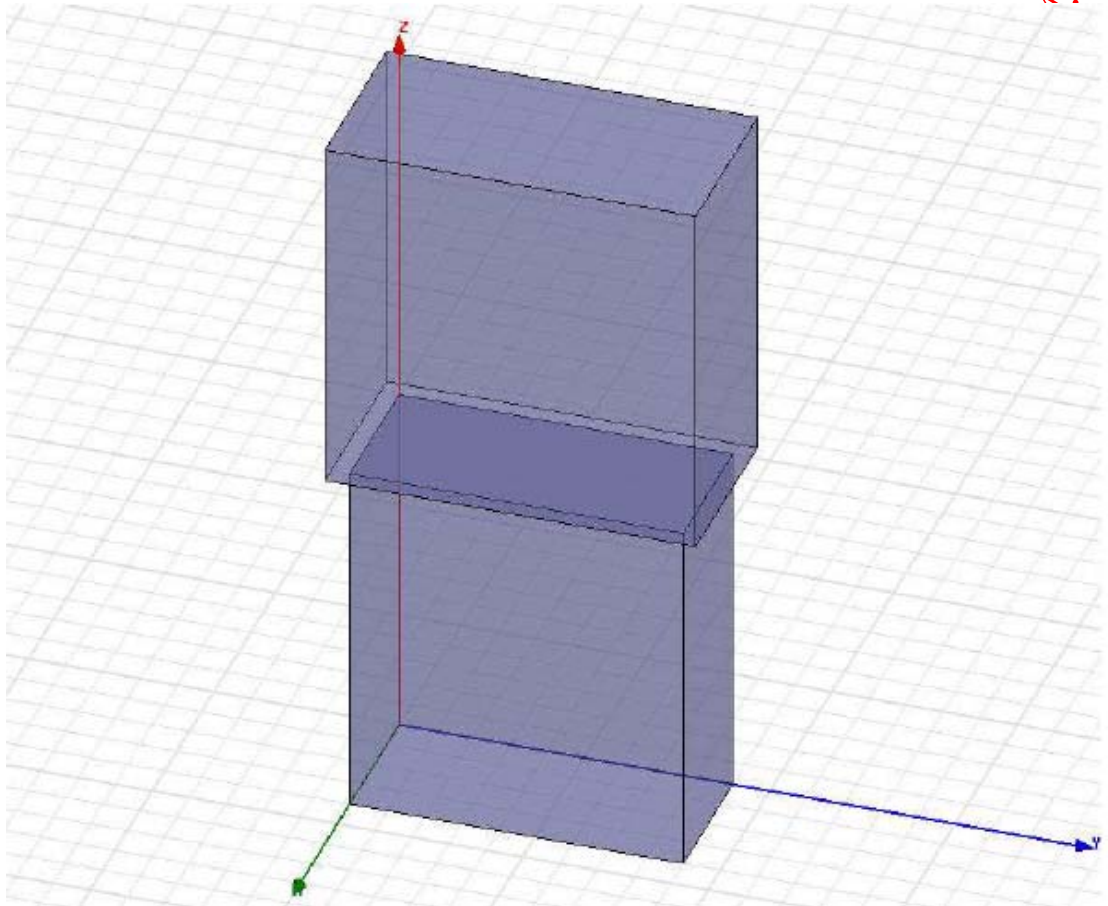
- 1.在道具 (**Properties**) 窗口中选择属性 (**Attribute**) 菜单

- 2.在 **Value of Name** 填入 **airbox**

- 3.点击 **OK** 按钮

调整视角:

1. 选择菜单选项 **View>Fit All>Active View**



F 5.7.7

- 2 创建 PML 负载

选择空气盒子的一个适当的面

1. 选择菜单选项 **Edit>Select>Faces**
2. 选中刚刚创建的空气盒子最上层的那个面

五) 指定 PML 边界

1. 选择菜单选项 **HFSS>Boundaries>PML Setup Wizard**
2. PML 设置向导: 覆盖物
 - 2.1 选择: **Create PML Cover Objects on Selected Faces** (在指定的面上创建 PML 覆盖物)
 - 2.2 Uniform Layer Thickness (层均匀厚度) 设为: **0.2in**
 - 2.3 点击 **Next** 按钮

3. PML 设置向导: 材料参数

3.1 选择 **PML Objects accept Free Radiation**(PML 物体接受自由辐射)

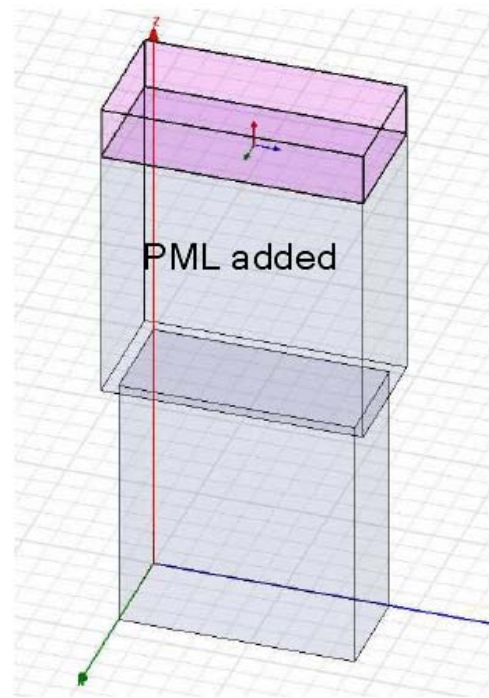
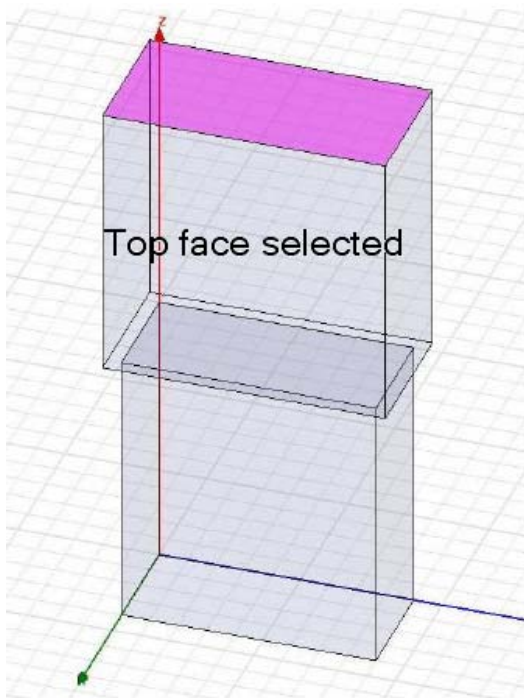
3.1.1 最小频率 (Min Frequency): **9 GHz**

3.1.2 最小辐射距离 (Minimum Radiating Distance): **1in**

3.1.3. 点击 **Next** 按钮

3.2. 回顾 **PML Setup Wizard**(PML 设置向导)的设置: 总结页面 (**summary page**)

3.3. 点击 **Finish** 按钮



F 5.7.8

PML 物体可视化

默认情况下,一旦 PML 创建完毕,PML 向导自动关闭 PML 物体的可视化,如果我们要把它打开,可以按照以下步骤执行:

1. 选择菜单选项: **View>Active View Visibility**
2. 确认这个立方体紧挨着 **PML_airbox1**
3. 点击 **Done**

六) 创建主/从边界物体

1. 设置栅格平面

1) 选择菜单选项 **3D Modeler>Grid Plane>YZ**

2. 画主/从边界物体

画第一个主/从矩形面:

1) 选择菜单选项 **Draw>Rectangle**

2) 使用坐标输入区,输入盒子的位置

X: 0.45, Y: -0.05, Z: 1.0, 点击 **Enter** 键

3) 使用坐标输入区,输入矩形对角点的坐标位置

dX: 0, dY:-1.0, dZ:1.2 点击 **Enter** 键

3. 命名

- 1) 在道具 (**Properties**) 窗口中选择属性 (**Attribute**) 菜单
- 2) 在 **Value of Name** 输入 **master1**
- 3) 点击 **OK** 按钮

4. 设置栅格平面

- 1) 选择菜单选项 **3D Modeler>Grid Plane>XZ**

5. 画第二个主/从矩形面:

- 1 选择菜单选项 **Draw>Rectangle**

- 2 使用坐标输入区, 输入盒子位置

X: -0.05, Y:-0.05, Z:1.0 点击 **Enter**

- 3 使用坐标输入区, 输入矩形对角点的坐标位置

dX: 0.5, dY:0, dZ:1.2 点击 **Enter**

6. 命名

- 1 在道具 (**Properties**) 窗口中选择属性 (**Attribute**) 菜单
- 2 在 **Value of Name** 输入 **master2**
- 3 点击 **OK** 按钮

七) 通过复制来画从边界

1. 选择菜单选项 **Edit>Select>Object**

2. 选择菜单选项 **Edit>Select>By Name**

3. 选择物体 **master1**

4. 选择菜单选项 **Edit>Duplicate>Along Line**

5. 使用坐标输入区, 输入复制矢量的起始位置

X: 0, Y:0, Z:0, 点击 **Enter**

6. 使用坐标输入区, 输入复制矢量的终点

dx: -0.5, dy: 0, dz: 0 点击 **Enter**

7. 当弹出对话框要求输入拷贝数目时候, 填入 2, 点击 **OK**

8. 对 **master2** 使用复制矢量<0.1.0>重复以上步骤。

八) 改变从边界的命名

通过下面步骤可以把复制的主边界改变成从边界

1. 选择菜单选项 **Edit>select>By Name**

2. 选择物体对话框

1. 选择物体名称: **master1_1**

2. 点击 **OK**

3. 选择菜单选项: **Edit>Properties**

4. 把名称改为: **slave1**

5. 重复上面的步骤, 把 **master2-1** 改为 **slave2**

九) 指定主/从边界

通过下面的步骤来创建主边界

1. 选择菜单 **Edit>Select>By Name**
 2. 选择物体对话框
 1. 选择物体 **master1**
 2. 点击 **OK**
 3. 选择菜单选项 **HFSS>Boundaries>Assign>Master**
 4. 主边界窗口
 - 4.1 名称: **master1**
 - 4.2 坐标系: U vector: 点击 **Undefined** 下拉菜单
 - 4.3 使用坐标输入区, 输入起始位置
X: 0.45 Y: -0.05 Z: 1.0, 点击 **Enter**
 - 4.4. 使用坐标输入区, 输入矢量终点位置
dX: 0 dY: 1 dZ: 0, 点击 **Enter**
 - 4.5. 对于 V 矢量, 确定为反方向
- 重复上面的步骤使用下面的点来创建 master2:
- 1 使用坐标输入区, 输入起始位置
X: 0.45 Y: -0.05 Z: 1.0, 点击 **Enter**
 - 2 使用坐标输入区, 输入矢量终点位置
dX: -0.5 dY: 0 dZ: 0, 点击 **Enter**

十) 创建从边界

- 1 选择菜单选项 **Edit>Select>By Name**
- 2 选择物体对话框
 - 1 选择物体 **slave1**
 - 2 点击 **OK**
- 3 选择菜单选项 **HFSS>Boundaries>Assign>slave**
- 4 从边界窗口
 - 4.1 名称: **slave1**
 - 4.2 主边界: 点击 **Undefined** 下拉菜单选择 **Master1**
 - 4.3 坐标系: U vector: 点击 **Undefined** 下拉菜单
 - 4.4 使用坐标输入区, 输入起始位置
X: -0.05 Y: -0.05 Z: 1.0, 点击 **Enter**
 - 4.5 使用坐标输入区, 输入终点位置
dX: 0 dY: 1 dZ: 0, 点击 **Enter**
 - 4.6 点击 **Next**
 - 4.7 确定选中了 **Use Scan Angles To Calculate Phase Delay**(使用扫描角度来计算相位延时)
 - a. **Phi** 角输入 0 度
 - b. **Theta** 角输入变量名称 **Theta_scan**, 点击 **Enter**
 - c. 在 **Add variable** 对话框, 输入 **Theta_scan** 为 30 度

十一) 对于 slave2, 重复上面的步骤来

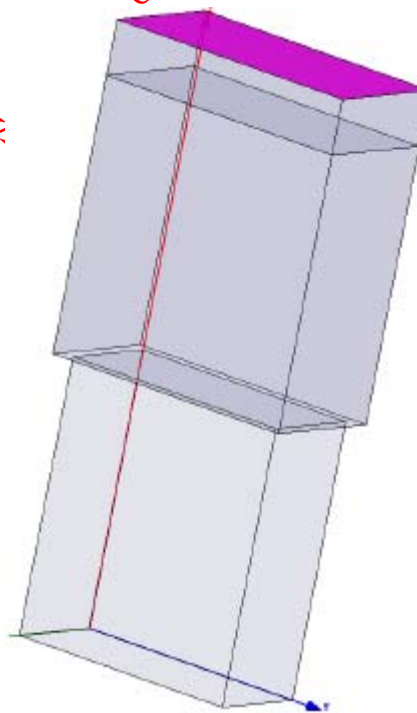
- 1 选择菜单 **Edit>Select>By Name**
- 2 选择物体对话框

- 1 选择物体 **slave2**
- 2 点击 **OK**
- 3 选择菜单选项 **HFSS>Boundaries>Assign>slave**
- 4 从边界窗口
 - 4.1 名称: **slave2**
 - 4.2.主边界: 点击 **Undefined** 的下拉菜单, 选择 **master2**
 - 4.3 坐标系: U vector: 点击 **Undefined** 下拉菜单
 - 4.4 使用坐标输入区, 输入起始位置
X: **0.45** Y: **-0.05** Z: **1.0**, 点击 **Enter**
 - 4.5 使用坐标输入区, 输入矢量终点位置
dX: **-0.5** dY: **0** dZ: **0**, 点击 **Enter**

十二) 指定阻抗边界

通过以下步骤来指定 PML 物体上的阻抗边界

1. 选择菜单 **Edit>Select>Faces**
2. 选中 PML 物体的最上层平面
3. 选择菜单选项 **HFSS>Boundaries>Assign>Impedance**
4. 命名 (Name): **TopLoad**
5. 电阻 (Resistance): **$377 \cdot \cos(\theta_{\text{scan}})$**
6. 电抗 (Reactance): **0**

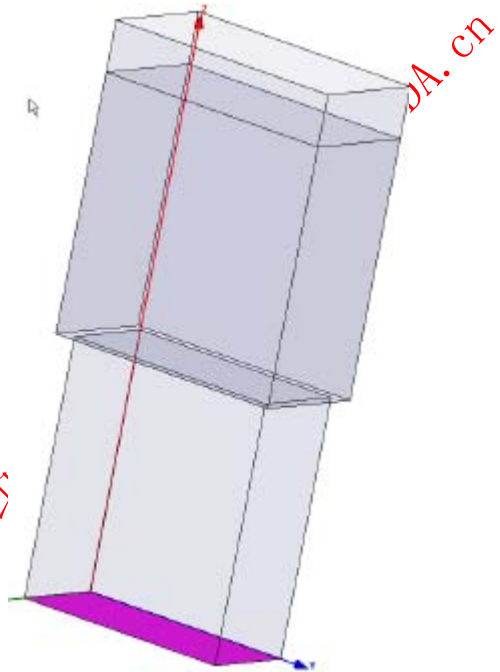
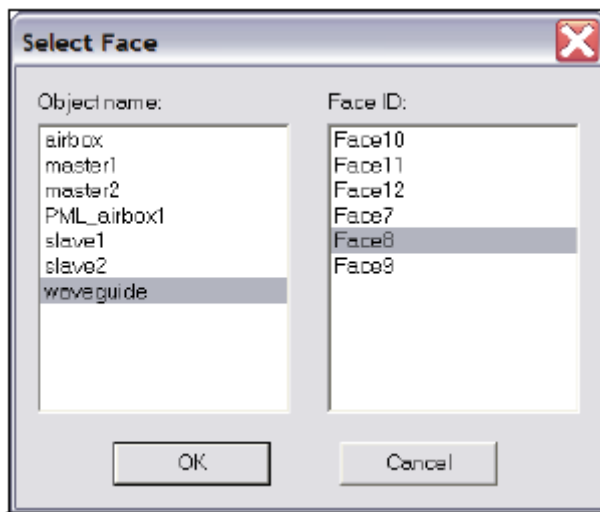


F 5.7.9

三. 建立波端口 (WavePort)

通过以下步骤来完成波导上波端口的建立

1. 选择菜单 **Edit>Select>By Name**
2. 选择面对话框: 从左边的导航栏里选择 **waveguide**
3. 选中 waveguide 中最底下的那个面
4. 点击 **OK**



F 5.7.10

5. 选择菜单 **HFSS>Excitation>Assign>Waveport**
6. 名称: **p1**
7. 点击 **Next**
8. 波端口: 模式 (Modes)

点击 **Next**

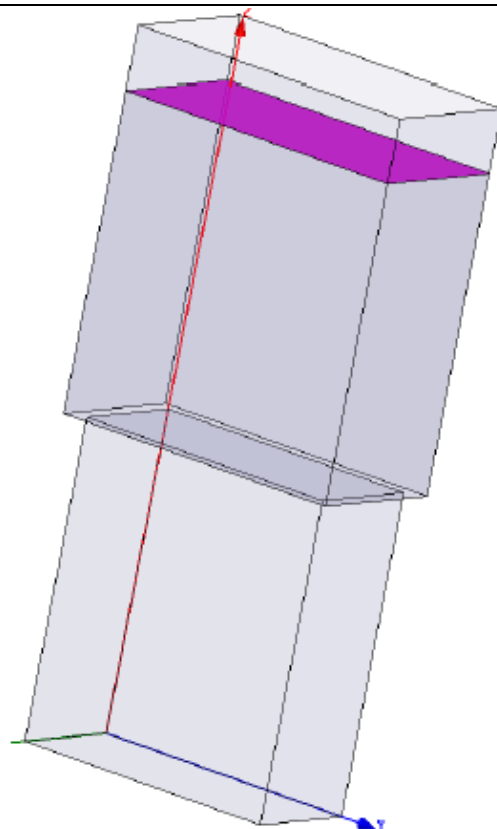
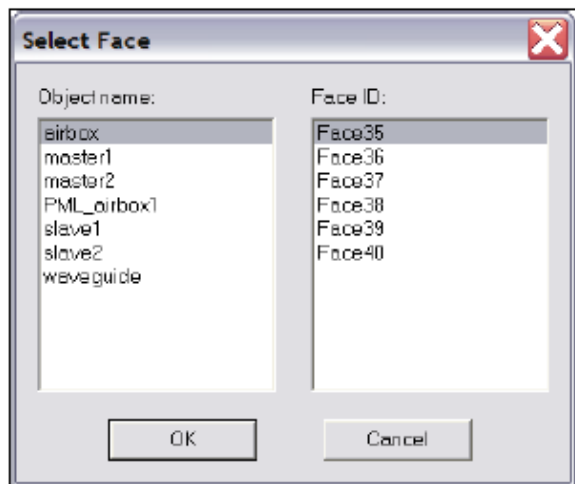
9. 波端口: 后处理 (Post-Processing)

点击 **Finish**

为后处理创建一个面,在阻抗表面和 PML 物体上都不能进行远场计算。我们需要创建一个面来计算它上面的辐射图。

下面创建一个面:

1. 选择菜单选项 **Edit>Select>Faces**
2. 选择菜单选项 **Edit>Select>By Name**
3. 选择表面对话框: 从左面导航栏选择 **airbox** 物体
4. 选中波导的顶面
5. 点击 **OK**



F 5.7.11

四. 设置分析

一) 创建一个分析设置:

通过下面步骤设置分析:

1. 选择菜单 **HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup**
2. 解的设置窗口
 - 2.1 点击 **General**
求解频率 (Solution Frequency): **9.25 GHz**
最大步数 (Maximum Number of Passes): **5**
最小 delta S (Minimum Delta S): **0.0001**
 - 2.2 点击 **OK**

二) 辐射(Radiation Setup)参数设置:

通过下面步骤来建立辐射参数

1. 选择菜单 **HFSS>Radiation>Insert Far Field Setup>infinite Sphere**
2. 远场辐射球面设置对话框
 - 2.1 选择无限远球面 (**Infinite Sphere**)

命名 (name): **ff-all**

Phi:(Start:0,Stop:0,Step Size:10)

Theta:(Start:0,Stop:360,Step Size:2)

点击 **Radiation Surface**

确定 Use Custom Radiation Surface 选项为激活状态, 并选中 Facelist1

点击 OK

五. 保存工程

一) 通过下面步骤保存工程文件:

1. 在 Ansoft HFSS 窗口, 选择菜单 **File>Save As**
2. 在 **Save As** 窗口 输入名称 **hfss_pmlarray**
3. 点击 **Save**

六. 分析 (Analyze)

一) 模型检查

为了确定建模的准确性:

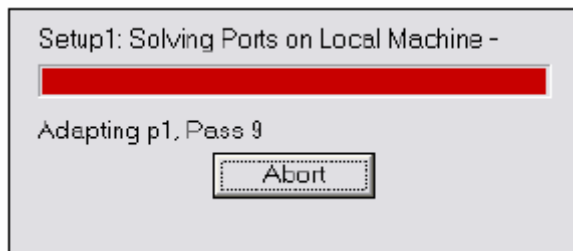
1. 选择菜单 **HFSS>Validation Check**
2. 点击 **close**

注意: 使用信息管理器来查看错误和警告信息。

二) 分析

开始求解过程:

1. 选择菜单 **HFSS>Analyze ALL**



F 5.7.12

七. 求解数据

一) 通过下面步骤可以查看求解数据

1. 选择菜单 **HFSS>Results>Solution Data**

二) 查看计算概况

1. 点击 **Profile**

三) 查看收敛情况

1. 点击 **Convergence**

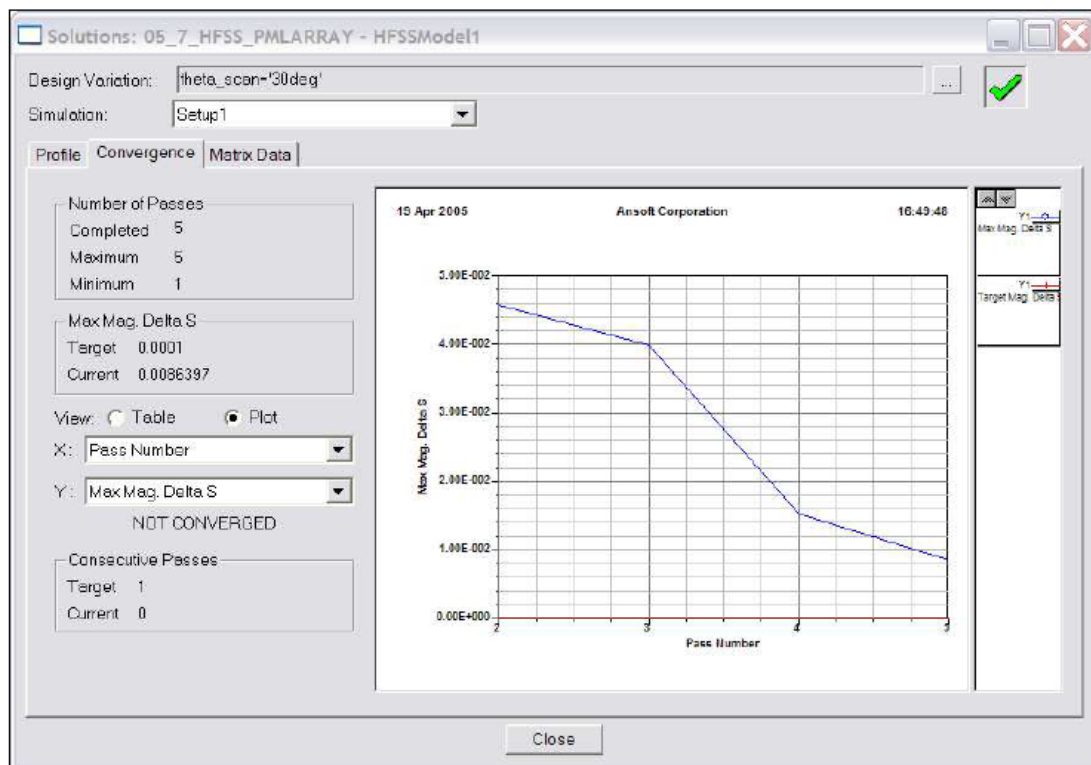
注意: 默认收敛性的查看形式为表格型 (**Table**). 选择 **Plot** 单选按钮来查看收敛数据的图形显示。

四) 查看矩阵数据

1. 点击 **Matrix Data**

注意: 要查看矩阵数据的实时更新, 在求解过程中把 Simulation 栏设置为 **Setup1, Last Adaptive**。

2. 完成所有的仿真和查看结果后, 点击 **Close**



F 5.7.13

五) 远场作图

创建远场作图

通过下面步骤作出 2D 的极坐标远场图:

1. 选择菜单 **HFSS>Results>Create Report**
2. 创建报告窗口

报告类型(Report Type): **Far Fields**

显示类型(Display Type): **Radiation Pattern**

点击 **OK**

3. 曲线窗口

3.1 Solution: **Setup1: LastAdaptive**

3.2 Geometry: **ff-all**

3.3 在 **Sweeps** 对话框中

3.3.1 在 **Name** 栏里选择 **Phi**, 通过下拉列表选择 **Theta**。这样就把主扫描设成了 Theta。

3.4 在 **Mag** 标签中

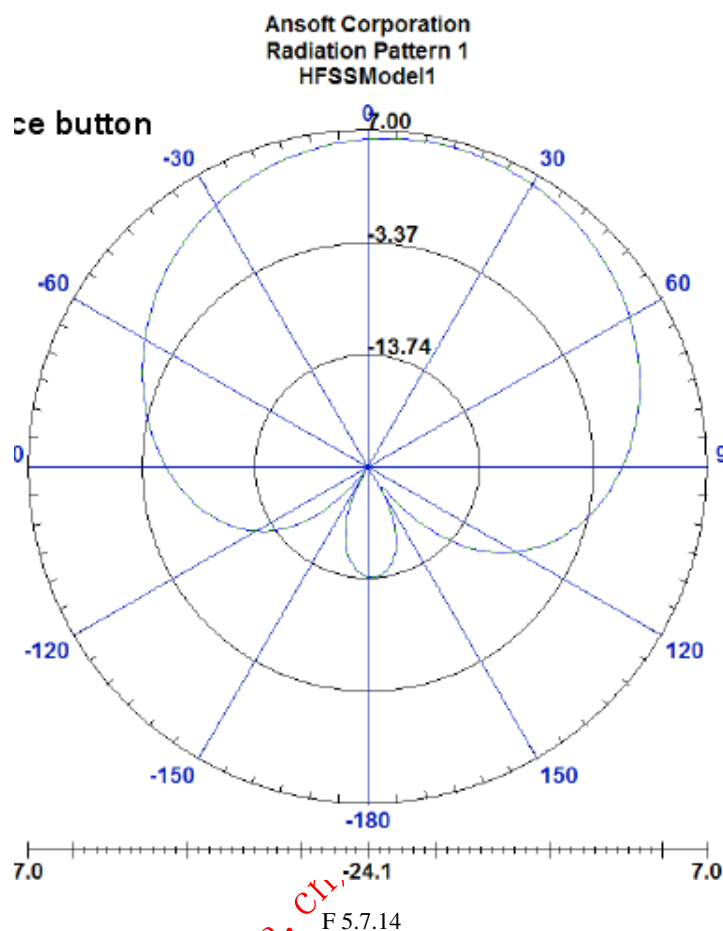
3.4.1 类别 (Category): 方向性 (**Directivity**)

3.4.2 量 (Quantity): 总方向性 (**DirTotal**)

3.4.3 表达式 (Function): **dB**

3.4.4 点击 **Add Trace**

3.5 点击 **Done**



六) 添加阵列因子作图

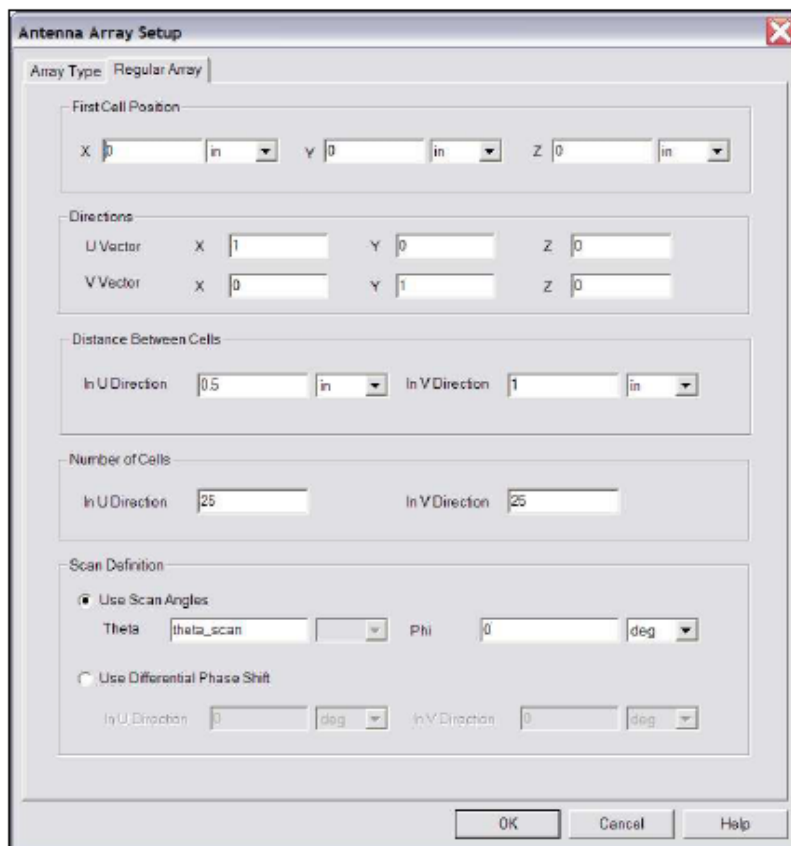
设置阵列因子:

1. 选择菜单 **HFSS>Radiation>Antenna Array Setup**
2. 选择单选按钮 **Regular Array Setup**
3. 点击 **Regular Array**
4. 第一阵子位置
X: 0 in Y: 0 in Z: 0 in
5. U 矢量方向
X: 1 Y: 0 Z: 0
6. V 矢量方向
X: 0 Y: 1 Z: 0
7. 设置单元之间的间距
U 方向: 0.5 in
V 方向: 1 in
8. 单元数目
U 方向: 25
V 方向: 25

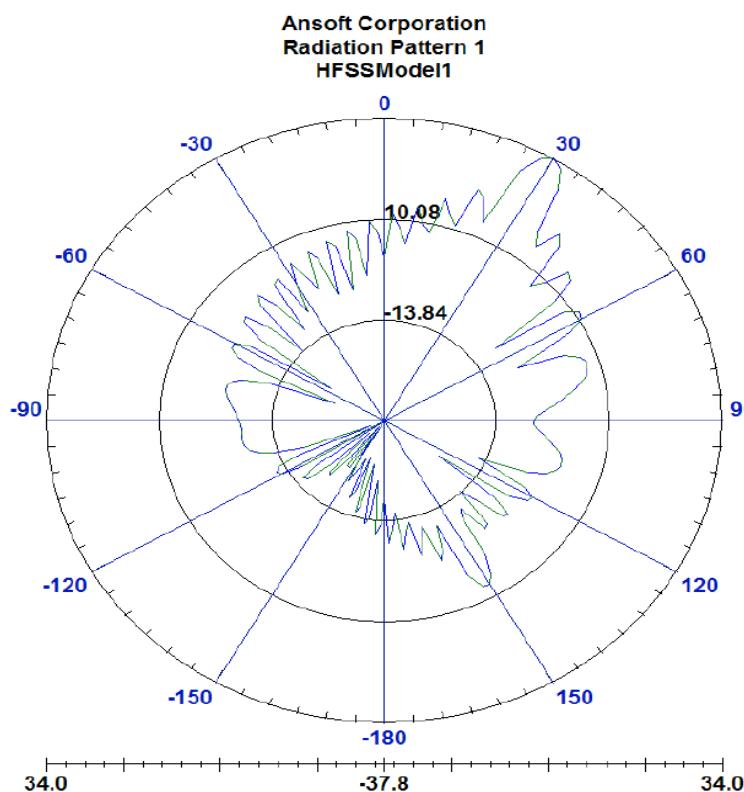
9. 扫描定义：使用扫描角度（Use Scan Angles）

Theta: **Theta-scan**

Phi: **0deg**



F 5.7.15



F 5.7.16

八. 优化设置

一) 参数扫描

对于这个阵列设计,我们需要通过扫描角度的变化来达到天线的输入匹配。为了实现这个目标,我们必须通过参数扫描来对扫描角度进行扫描。

二) 添加参数扫描

1. 选择菜单选项: **HFSS>Optimetrics Analysis>Add Parametric**
2. 设置扫描分析 (Sweep Analysis) 窗口:

点击 **Sweep Definition** 标签

添加/编辑 Sweep 对话框

- 2.2.1 选择变量: **theta-scan** (这是唯一定义的变量, 所以为灰色显示)
- 2.2.2 选择 **Linear Step**
- 2.2.3 Start: **0deg**
- 2.2.4 Stop: **60deg**
- 2.2.5 Step: **10deg**
- 2.2.6 点击 **Add**
- 2.2.7 点击 **OK**

三) 分析参数扫描

通过下面步骤开始求解的过程

1. 展开工程树下面的选项, 点击 **Optimetrics**
2. 右键点击 **ParametricSetup1**, 选择 **Analyze**

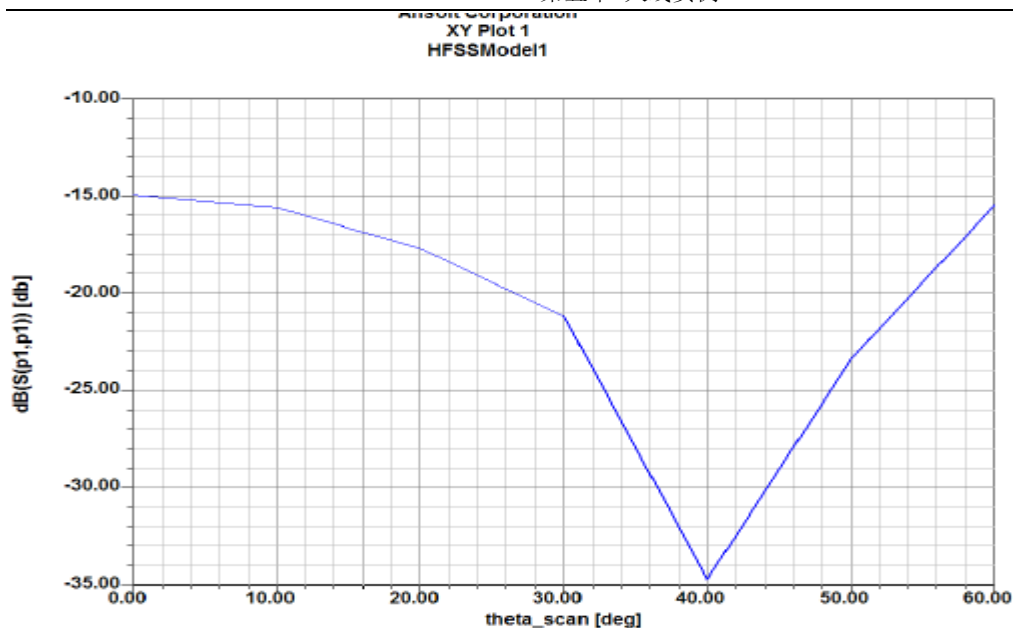
四) 优化结果

通过下面步骤查看优化结果:

1. 选择菜单 **HFSS>Optimetrics Analysis>Optimetrics Results**
2. 选择 **Profile** 查看每一设置的求解过程
3. 查看完所有结果后点击 **Close**

创建每个 Theta 角度的 S11 参数

1. 选择菜单 **HFSS>Results>Create Report**
2. 创建报告窗口
 - 2.1 报告类型(Report Type): **Modal S Parameters**
 - 2.2 显示类型(Display Type): **Rectangular Plot**
 - 2.3 点击 **OK**
3. 曲线窗口:
 - 3.1 求解: **Setup1: LastAdaptive**
 - 3.2 点击 **Sweeps**
 - 3.2.1 选择 **Sweep Design and Project variable**
 - 3.3 在 **sweep** 标签中:
 - 3.3.1 在 **Name** 里面选择 **Freq**, 通过下拉菜单选择 **theta-scan**.这样就把主扫描设为 **theta_scan**。
 - 3.4 点击 **Y tab**
 - 3.4.1 Category: **S Parameter**
 - 3.4.2 Quantiy: **S (p1, p1)**
 - 3.4.3 Funtion: **dB**
 - 3.4.4 点击 **Add trace**
 - 3.5 完成 **Done**



F 5.7.17

微波仿真论坛(<http://bbs.rfeda.cn>)—分节水印免费版

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)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 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	