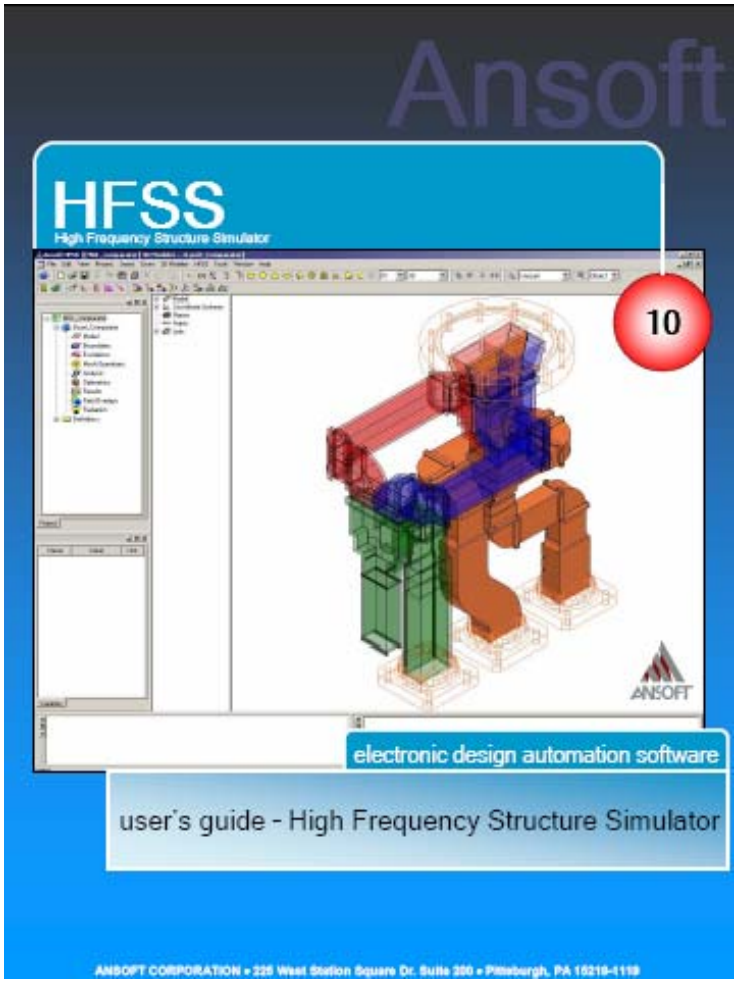
HFSS_FULL_BOOK_V10　801 页 中文版

RFEDA.CN

微波仿真论坛

http://bbs.rfeda.cn

组织翻译



点击图片直接进入 FULL BOOK 讨论专版

bbs.RFEDA.cn

rf---射频(*Radio Frequency*)

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

HFSS_FULL_BOOK_V10 内容简介

本书讨论 **Ansoft HFSS** 应用中的一些基础概念和相关专业技术。主要分为以下几部分：

0. 基本原理

Ansoft HFSS工作界面

创建新项目

设置模式类型

1. 参数化建模

1.1 边界条件

1.2 激发

2. 求解设置

3. 数据报表

4. 求解循环

4.1 网格操作

5. 例子－天线

6. 例子－微波

7. 例子－滤波器

8. 例子－信号完整性

9. 例子－EMC/EMI

10. 例子－芯片元件

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

HFSS 是什么？

HFSS是利用我们所熟悉的windows图形用户界面的一款高性能的全波电磁场(EM)段任意3D无源器件的模拟仿真软件。它易于学习，有仿真，可视化，立体建模，自动控制的功能，使你的3D EM问题能快速而准确地求解。Ansoft HFSS使用有限元法(FEM)，自适应网格划分和高性能的图形界面，能让你在研究所有三维EM问题时得心应手。Ansoft HFSS能用于诸如S-参数，谐振频率和场等的参数计算。典型的应用包括：

封装模型－BGA，QFP，Flip－Chip
PCB板建模－电源/接地板，网格面，底板
硅/砷化镓－螺旋电感线圈，变压器
EMC/EMI－屏蔽防护层，耦合，近/远场辐射
天线/移动通信－贴片天线，偶极子，喇叭，等元电话天线，四臂螺旋天线，吸收比(SAR),无限阵列，雷达横截面(RCS)及频率选择表面(FSS)
连接器－同轴电缆，SFP/XFP，底板，转换器
波导－滤波器，共鸣器，转换器，连接器
滤波器－腔体滤波器，微带传输带，介质滤波器

HFSS是基于四面体网格元的交互式仿真系统。这使你能解决任意的3D几何问题，尤其是那些有复杂曲线和曲面的问题，当然在局部会利用其他技术。

HFSS是高频结构仿真器（*High Frequency Structure Simulator*）的缩写。Ansoft公司最早在电磁仿真中使用如切线矢量有限元，自适应网格，和ALPS等有限元法解决EM仿真问题。今天，HFSS继续以革新领导着这个产业，如模型对节点和全波SPICE分析。

Ansoft HFSS听取许多用户和工业界的意见，发展了很长一段时间。在业界，Ansoft HFSS是高生产力研究，发展和虚拟的工具之一。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&技术交流氛围

系统要求：

Microsoft Windows XP(32/64), Windows 2000,或 Windows 2003。最新消息参阅HFSS的发布。

基于奔腾处理器的电脑
至少128MB RAM
至少8M显卡
鼠标或其他指向性工具
CD-ROM驱动器

注意：打开HFSS v10前请在当前版本下对所有HFSS项目文件备份

安装 Ansoft HFSS：

最新消息参阅HFSS安装指南。

开始 Ansoft HFSS

1. 点击桌面上的**开始**按钮，选择所有程序，找到并选择 Ansoft，HFSS 10 程序组。点击 HFSS 10。
2. 或在桌面双击 **HFSS 10** 图标。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

将低版本 HFSS 文件转换为 HFSS 10 文件

由于文件的转换，在旧版本下打开一个HFSS文件会花比过去更多的时间。但文件一旦被打开和保存，下次打开时时间就会恢复正常。

Ansoft HFSS v10可为你自动将旧版本的HFSS文件转换为HFSS v10格式。

打开低版本的HFSS工程

从HFSS v10

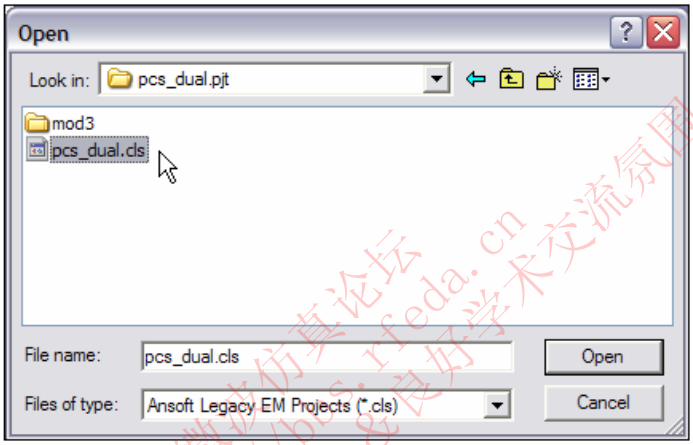
1 选择菜单项目 *"file"—>"open"*

2 打开对话框

1） 文件类型：*Ansoft Legacy EM Projects (.cls)*

2） 找到项目并点击*.cls*文件

3） 点击 *"open"*



获取帮助：

如果在使用HFSS中遇到了问题，可以通过如下几个方法来解决

1. HFSS在线帮助
   1) 在动态对话框中点击HELP按钮或按F1键
   2) 选择菜单条目*Help>Contents* 来访问在线帮助系统
   3) 工具提示可以对工具栏和对话框提供一些信息，当鼠标停留在工具上少许时间后，工具提示会显示工具的名字
   4) 当鼠标移过工具或点击时,HFSS下端窗口会出现此工具功的简单描述或菜单条目
   5) “HFSS开始向导”对如何创建和解决3D EM项目提供了详细的信息
2. Ansoft技术支持
   6) 在 *www.ansoft.com* 注册并选择*Contact*，可以在你的地理位置联系到*Ansoft*技术员

访问 Ansoft 主页

如果你的计算机已经连接到因特网，你可以通过访问Ansoft主页来学习和了解Ansoft公司和产品通过HFSS界面：

1) 选择菜单条目*Help>Ansoft Corporate Website* 来访问在线技术支持系统（OTS）
2) 通过因特网浏览器：访问 *www.ansoft.com*

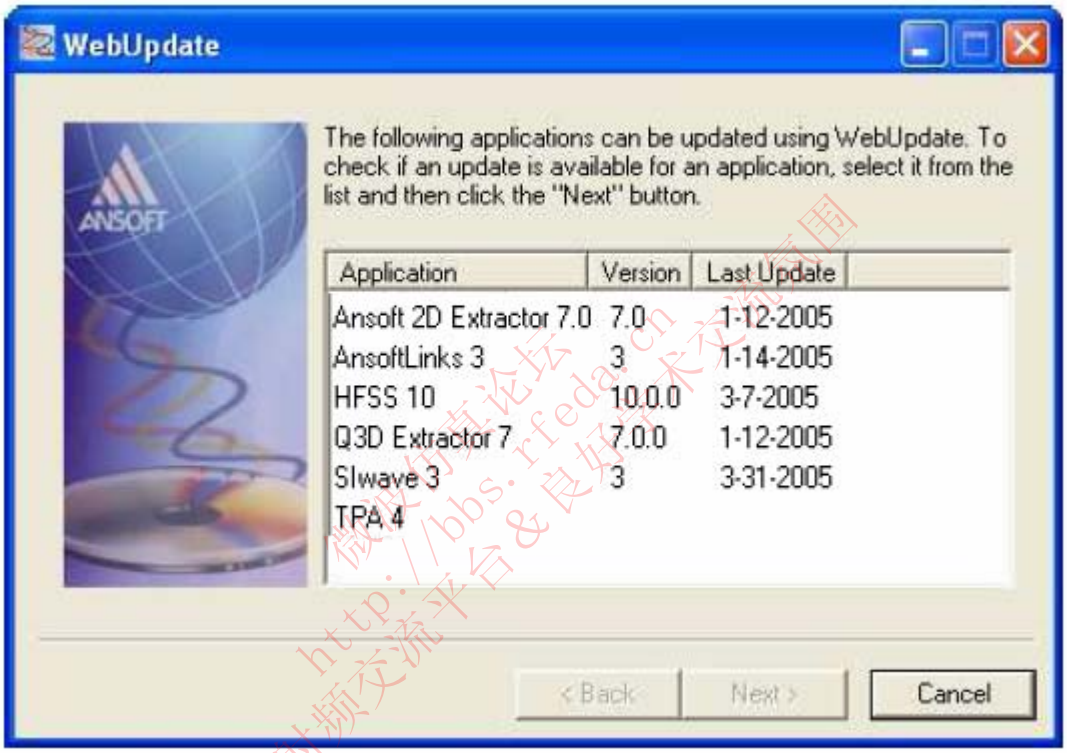
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 友良好学术交流氛围

寻求技术支持：

下面的链接指向Asoft技术支持网页，在这里你可以获得额外的文件、练习和应用说明网页：**www.ansoft.com/support.cfm**

在线升级

这个新功能可以更新任何现有版本的Ansoft软件，下面是在线升级窗口。系统自动扫描计算机中现有的Ansoft软件，并下载任何可用的升级包



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

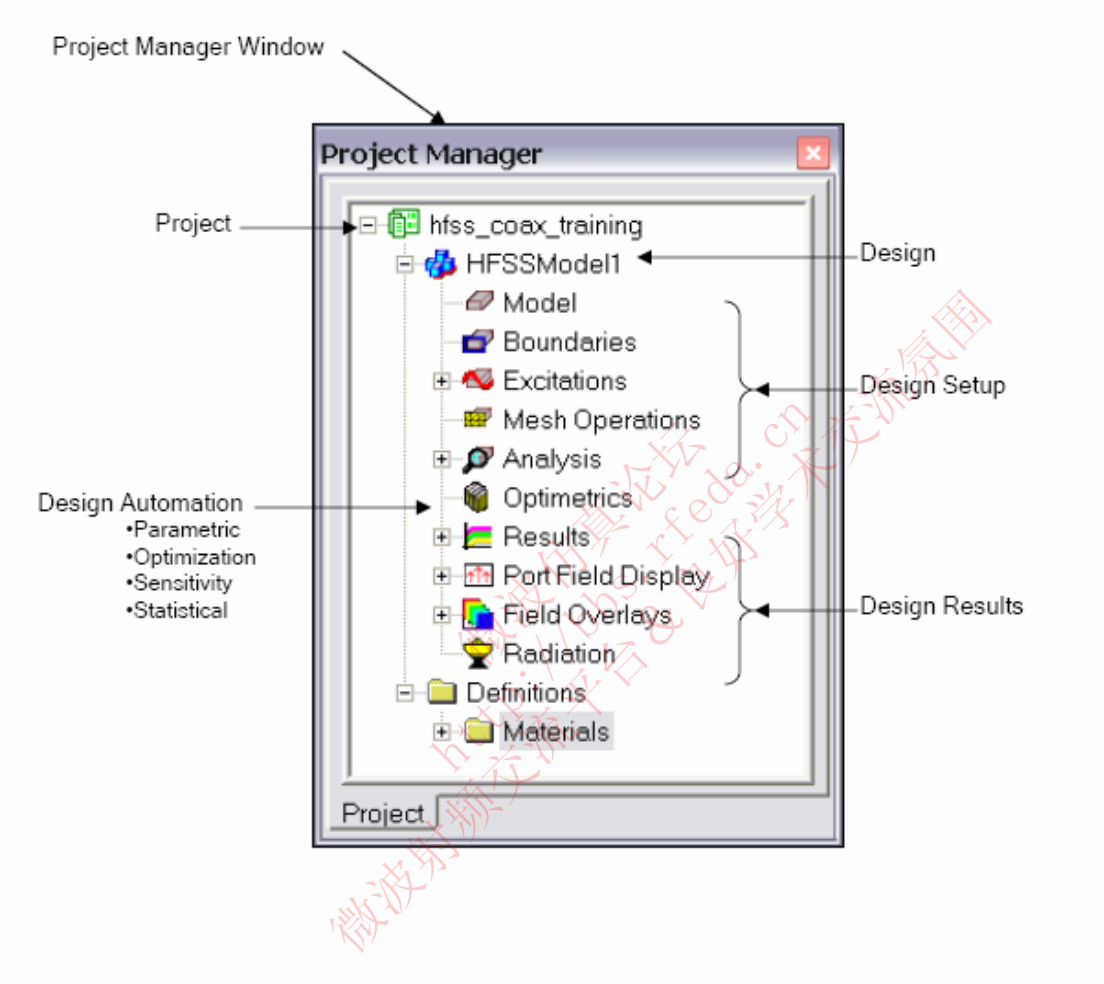
绪 论

第一节 HFSS 用户界面

一. HFSS 窗口有以下几个可供选择的面板

1. 项目管理窗口(*Project Manager*)：

项目结构设计树,通过它可以访问工程结构单元



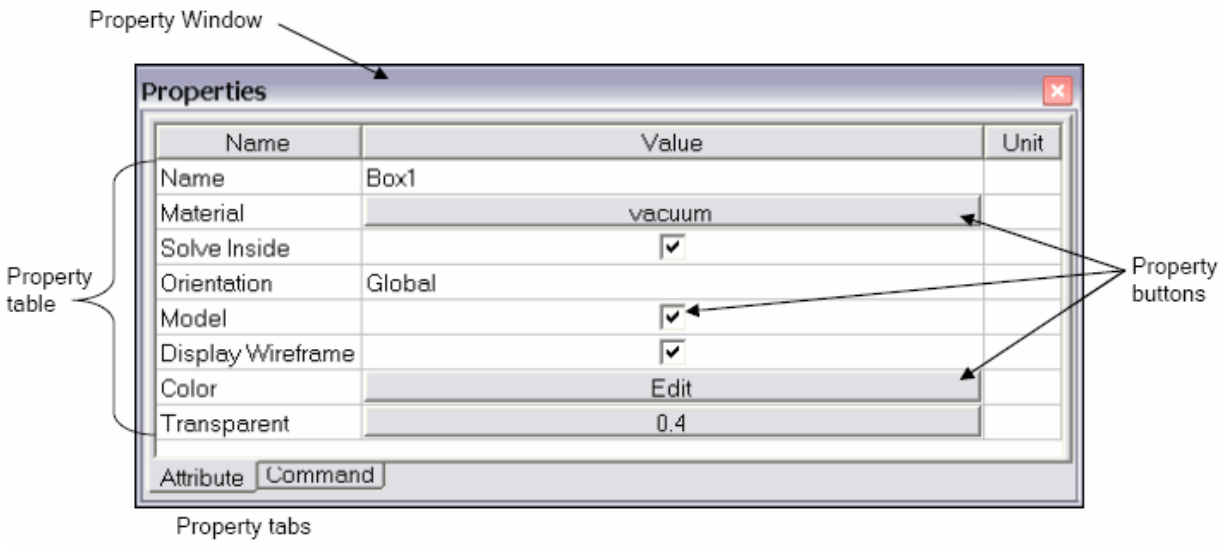
F. 0.1.1

2. 信息管理窗口(*Message Manager*)：

仿真之前可以在这里查看错误或警告

3. 属性窗口(*Property Window*)：

在这里可以修改模型的属性和参数



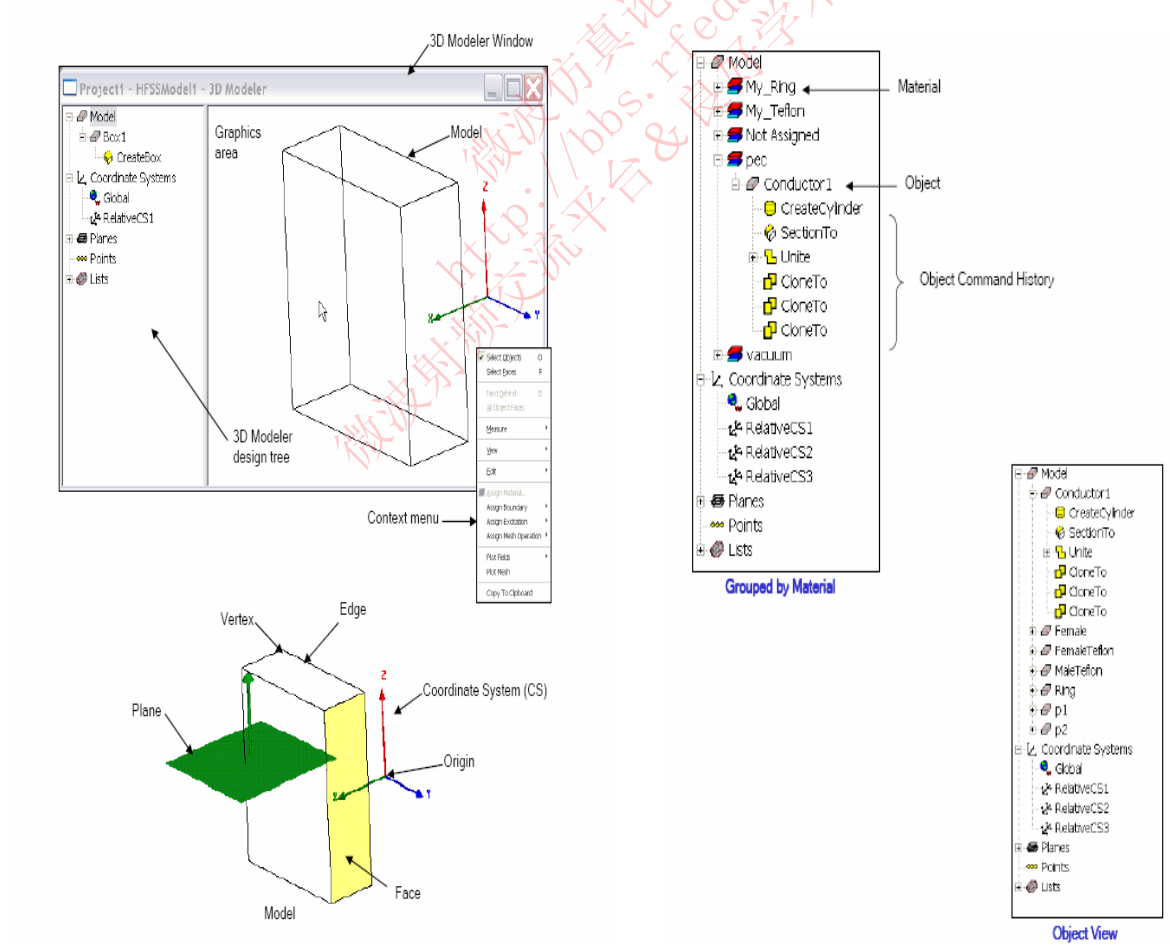
F. 0.1.2

4. 过程窗口(*Progress Window*)：

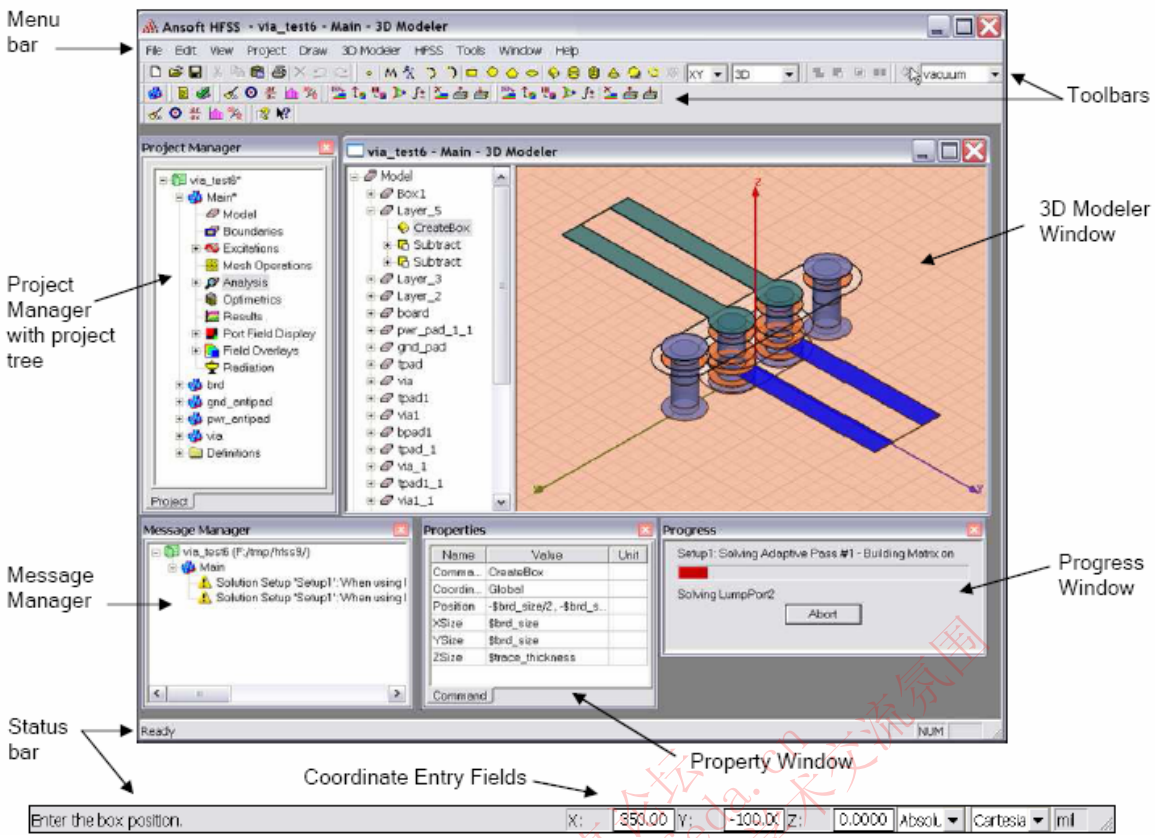
显示求解过程

5. 三维模型窗口(*3D Modeler Window*)

当前设计的模型内容可以在这里查看到。并在第一章中介绍了怎样查看更多模型信息



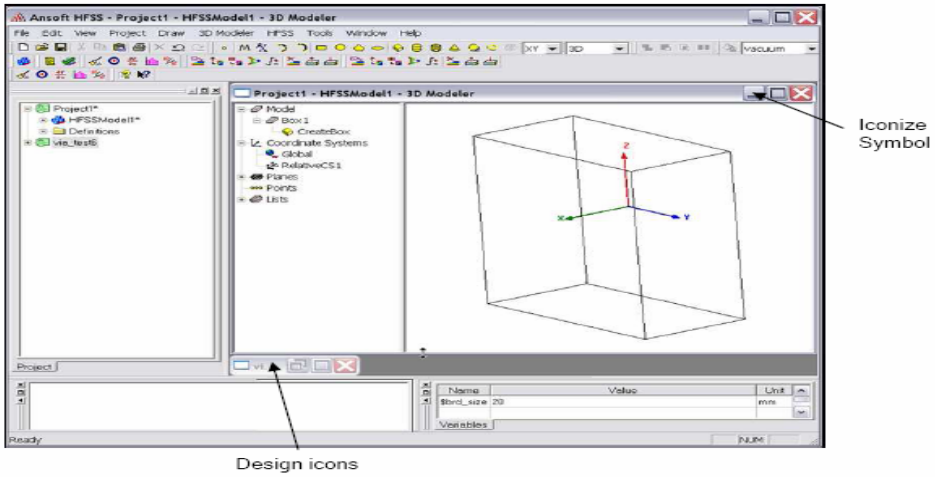
F. 0.1.3



F. 0.1.4

二. HFSS 设计窗口

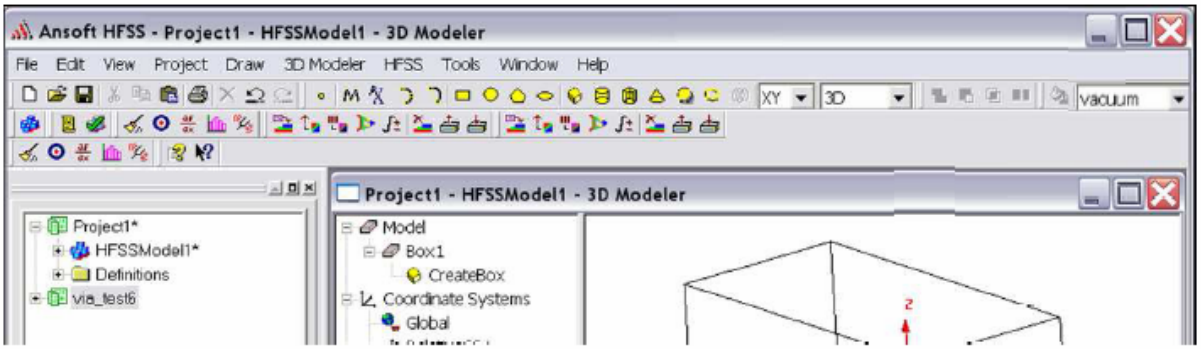
1. 在 Hfss 界面上，每个项目可以有多个设计，每个设计都在不同的窗口中显示
2. 可以同时打开和查看多个项目和设计窗口
3. 可以拖动标题栏来调整窗口位置，拖曳窗口的边界或角来调整它的大小，也可以通过下面的菜单选项来调整：***Window Cascade, Window >Tile Vertically, or Window > Tile Horizontally.***
4. 点击文件面板右上角的最小化符号来缩小设计窗口，此时在总窗口下方会出现一个图标。如果其他文件被打开了，图标可能会不可见，必要时调整窗口的大小。选择菜单条目 ***Window > Arrange Icons*** 来排列总窗口底部的图标。
5. 选择菜单条目 ***Window > Close All*** 来关闭所有打开的设计，及时保存没有保存的设计。



F. 0.1.5

三. 工具栏

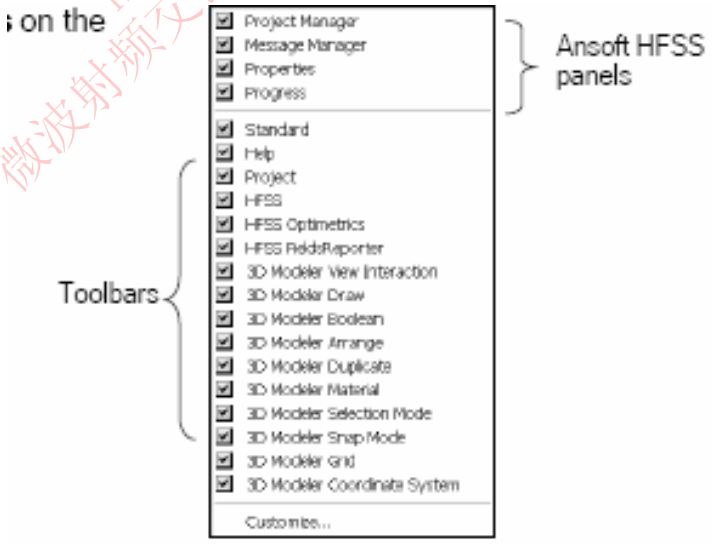
1. 工具栏中的按钮都是些常用的命令，在 HFSS 初始屏幕上显示了很多可用的工具栏按钮的解释，但是你的 HFSS 不一定是按照这种方法来排列的，可以自定义一种方便的排列方式。
2. 一些工具栏总是显示着的，有些在你选择了相关类型的文件的时候会显示。例如，当你在项目树里选择 2D 报告时，2D 报告工具栏将会显示。



F. 0.1.6

四. 显示/隐藏个别的工具条

1. 右键点击 HFSS 窗口框架
2. 一个列有所有工具栏的清单将会显示出来，在它们的左边有一个复选标记，没有标记的工具栏将被隐藏，点击工具栏的名字来选择是否显示。
3. 要改动工具栏，请选择菜单条目 ***Tools*** > ***Customize*** 在下一页介绍自定义工具栏。



F. 0.1.7

微波射频交流平台 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

五. 自定义工具栏

一) 自定义工具栏

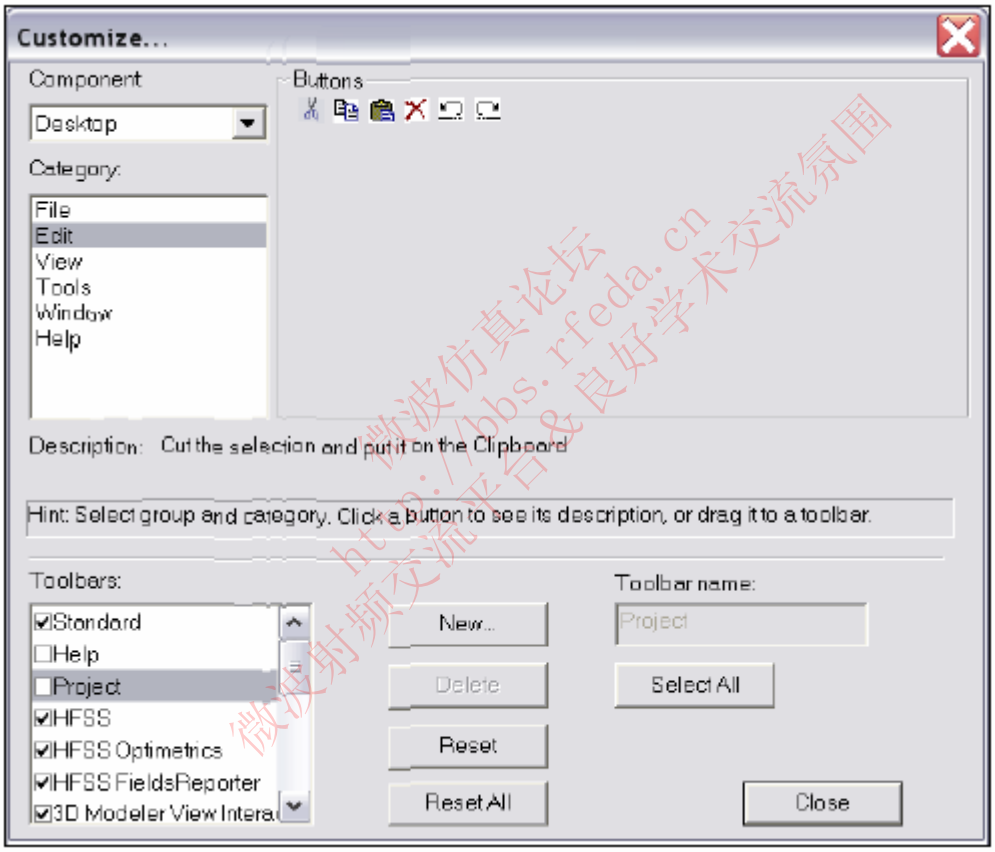
1. 选择菜单条目 Tools > Customize 或者右键点击 HFSS 窗口边框并点击工具栏底部的 Customize
2. 在 Customize 对话框中：

   观察工具栏命令的描述

   1). 在下拉菜单中选择一个条目
   2). 在分类菜单中选择一个条目
   3). 点击显示描述
   4). 完成查看后点击CLOSE关闭

二) 调整工具栏的可见性

1. 在工具栏菜单中，点击复选标记来控制工具栏的可见性
2. 完成后点击 CLOSE 关闭

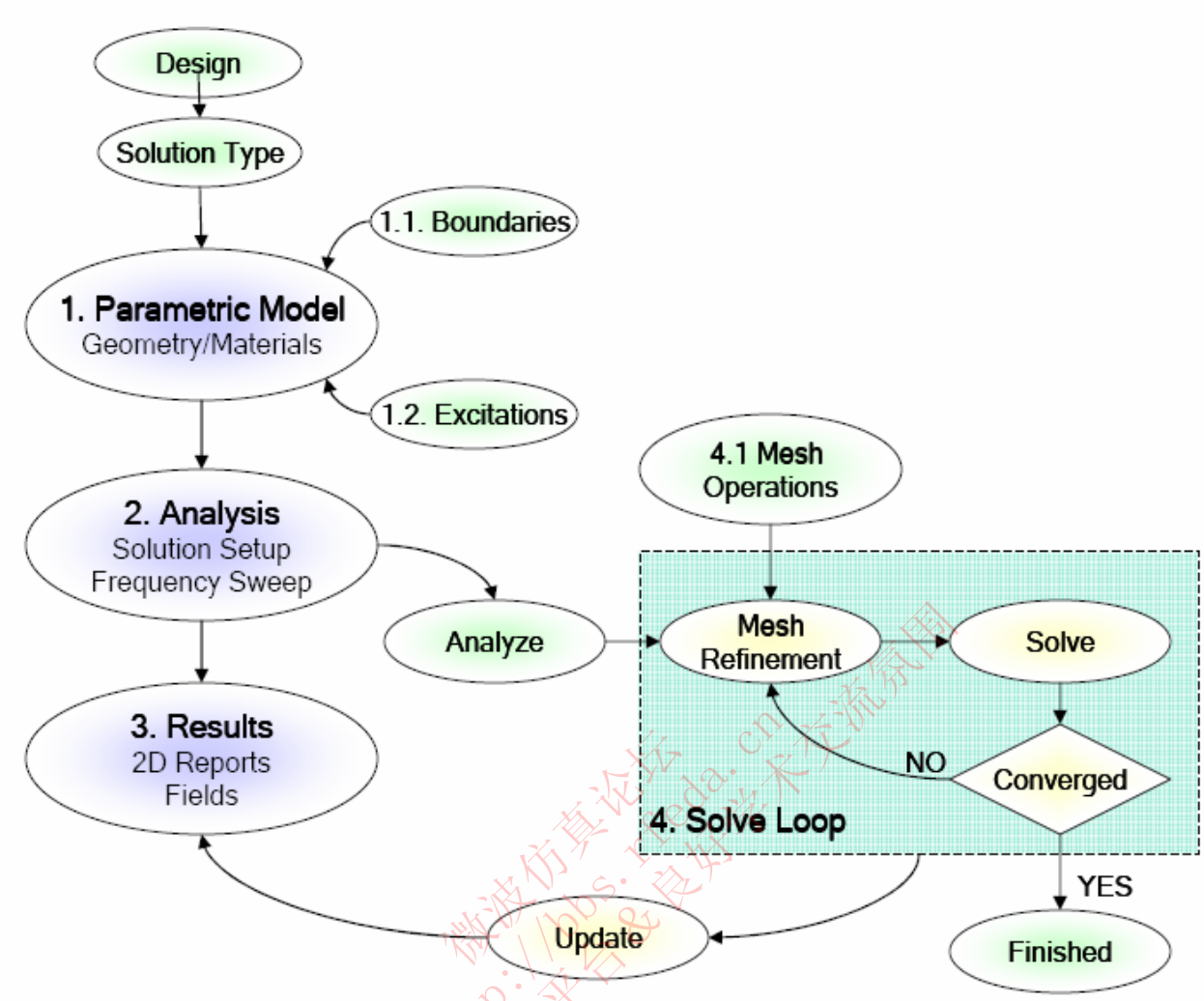


F. 0.1.8

六. HFSS 桌面

HFSS 桌面提供了直观的、方便的界面来操作无源器件。构造一个设计包括以下几点：

1. **参数模型**（***Parametric Model Generation***）：构造集合图形、边界和激励源
2. **分析**（***Analysis Setup***）：设定求解器和频率扫描
3. **结果**（***Results***）：构造 2D 报告和扫描场
4. **求解流程**（***Solve Loop***）：求解是自动进行的，下图解释了求解的进程：



F. 0.1.9

七. 打开一个 HFSS 项目

描述怎样打开一个已有的项目或者新建一个项目

一) 新建一个工程

1. 选择菜单条目 File > New.
2. 选择菜单条目 Project > Insert HFSS Design.

二) 打开一个现有的项目

1. 选择菜单条目 File > open，使用打开对话框来选择项目
2. 点击 OPEN 来打开项目

三) 从浏览器中打开一个现有的项目

1. 可以从浏览器中打开一个项目
2. 通过以下步骤来在浏览器中打开一个现有的项目

   双击项目名称

   右键点击项目并选择Open

第二节 设置求解器

一. 怎样设置求解器。

求解器类型决定了结果的类型，激励源的设置和收敛情况。有以下几种求解器：

1. **模式驱动（*Driven modal*）**：计算基于 S 参数的模型。S 矩阵求解将根据波导模式的入射和反射功率来描述。
2. **终端驱动（*Driven Terminal*）**：计算基于多导线传输的 S 参数的终端。S 矩阵求解将以终端电压和电流的形式描述。
3. **本征模（*Eignemode*）**：计算某一结构的本征模式或谐振，本征模解算器可以求出该结构的谐振频率以及这些谐振频率下的场模式。

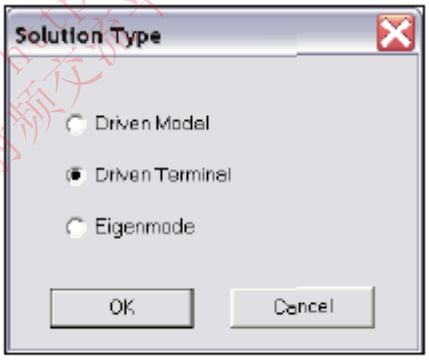
二. 收敛判断

1. **模式驱动（*Driven modal*）**：S 参数的差值。在以前的版本只有这种收敛形式。
2. **终端驱动（*Driven Terminal*）**：单端口或不同节点的 S 参数的差值。
3. **本征模（*Eignemode*）**：频率的差值

三. 设置求解器类型

1. 选择菜单条目 ***HFSS>Solution Type***
2. 求解器类型窗口：
   1). 选择下面任何一个
      1. Driven Modal
      2. Driven Terminal
      3. Eigenmode

   2). 点击 OK 按钮



F. 0.2.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

第三节 创建参数模型

Ansoft HFSS 3D 模型编辑器简单灵活。3D 模型编辑器的强大之处在于：能够创建全参数的模型而无需编辑复杂的宏/模型来实现。

这个章节主要介绍 3D 模型建立的一般步骤。通过对基本概念的掌握，我们可以充分利用 3D 参数模型提供的所有优势。

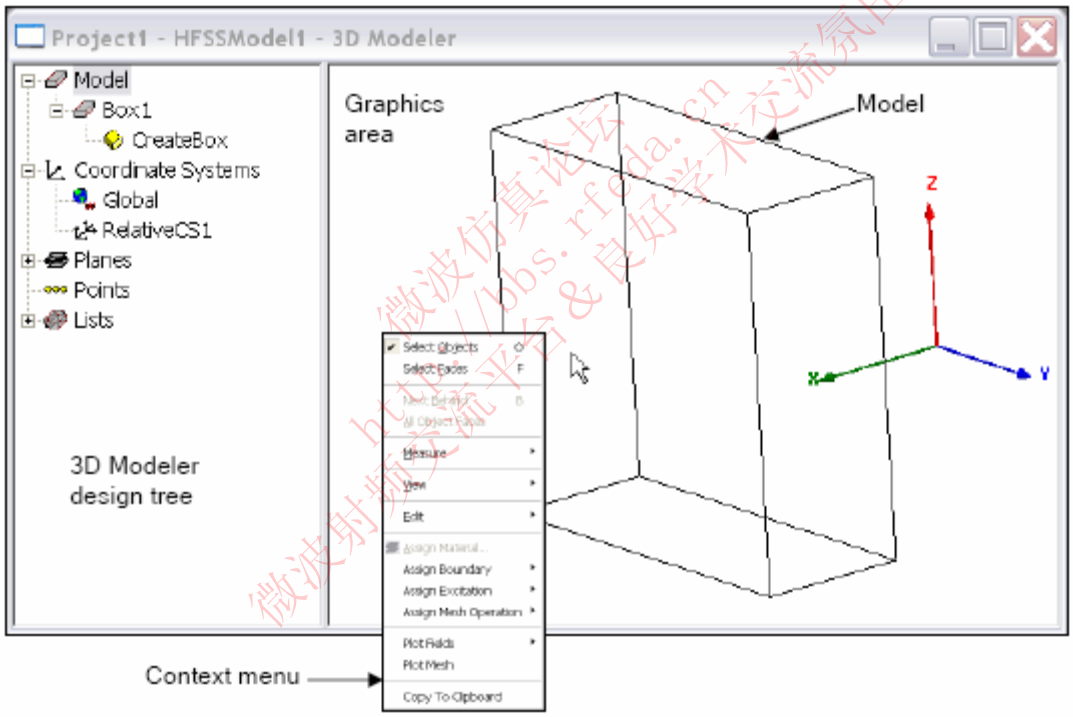
模型编辑器用户界面

下面的图片所示的是 3D 模型编辑器窗口。

一、**3D 模型设计树型结构**－3D 模型设计树型结构是用户界面的重要组成部分。通过树型结构你可以找到任何物体的属性。

二、**相关菜单**－相关菜单可以灵活的获得当前页的菜单命令。在用户界面点击右键即可获得此动态变化的菜单。

三、**图形区域**－图形区域用于连接图形的结构元素。

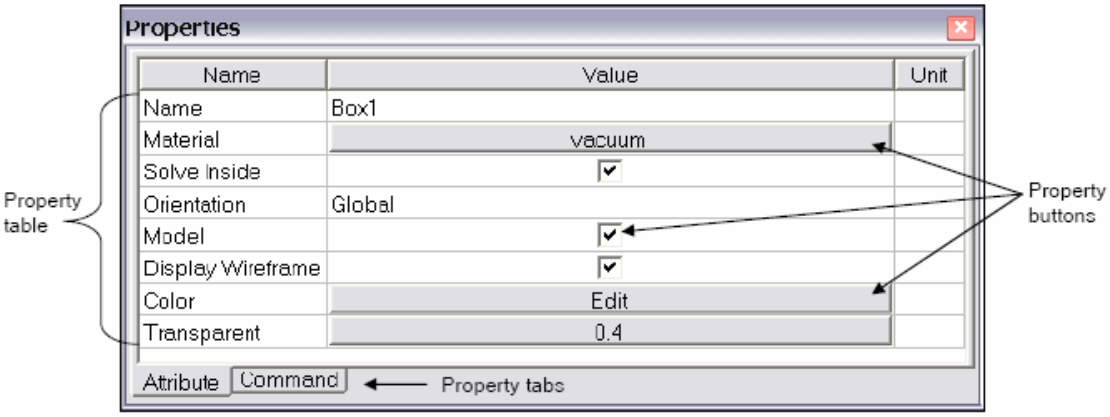


F. 0.3.1

在使用 3D 模型编辑器的时候，我们也会用到两个相关的界面：

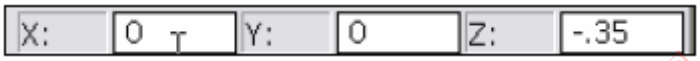
一、**属性窗口**－属性窗口用于检查和修改结构体的属性和尺寸。

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



F. 0.3.2

二、**数据条/坐标输入**－Ansoft HFSS 桌面窗口显示了坐标输入区，用于确定创建物体的位置和尺寸。



F. 0.3.3

网格平面

为了简化结构的设计，Ansoft HFSS 采用了网格平面。绘画的平面不会限制用户随意画尺寸长度，而是引导用户设计图案。绘画面显示在我们面前就是一个灵活的网格面（这个网格不需要可视）。了解如何使用绘画平面，请参考章节：设计和察看简单结构。

活动光标

活动光标指的是设计图时可用的光标。光标可以改变当前位置。具体位置在 Ansoft HFSS 桌面窗口的数据条可见。

F 0.3.4

当我们没有设计图形时，光标不可用但可以动态选择。详情请看：物体选择概述。

创建并察看简单结构

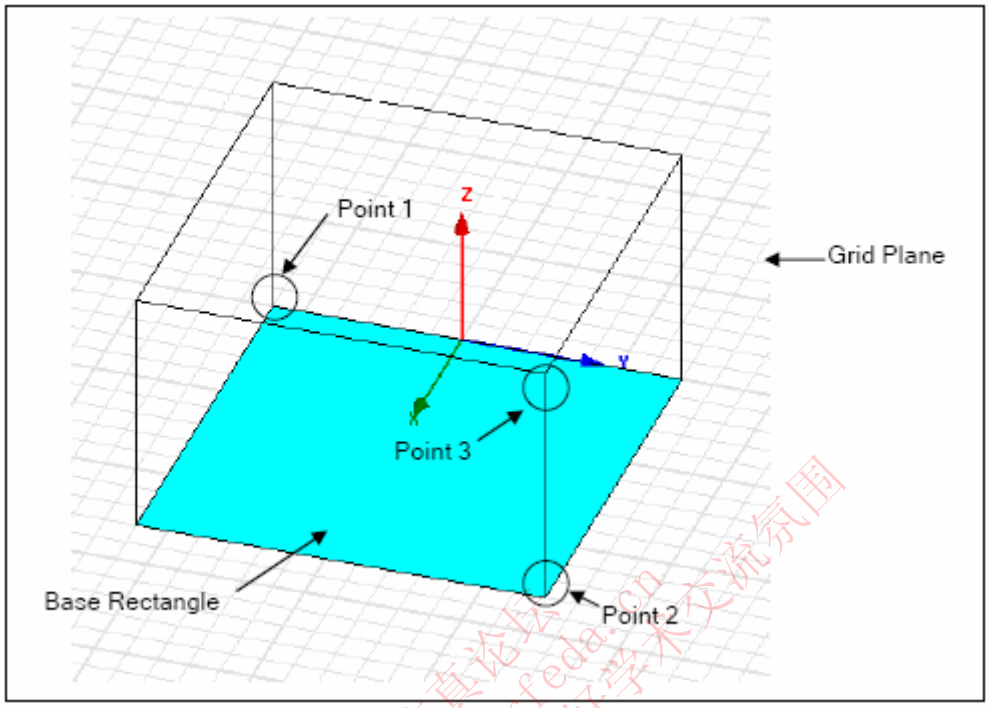
创建 3D 结构图由以下几步完成：

1. 设置网格平面
2. 创建物体的基本形状
3. 设置高度

一、创建长方体

我们将通过创建一个长方体来展示这几个具体的步骤。这些步骤在假设工程和 HFSS 设计已经创建的基础上进行。设计一个长方体，我们需要建立三个点。前两个点确定矩形，然后再确定高度。

Point1：定义矩形的起始点。
Point2：确定矩形的长和宽。
Point3：确定长方体的高度。

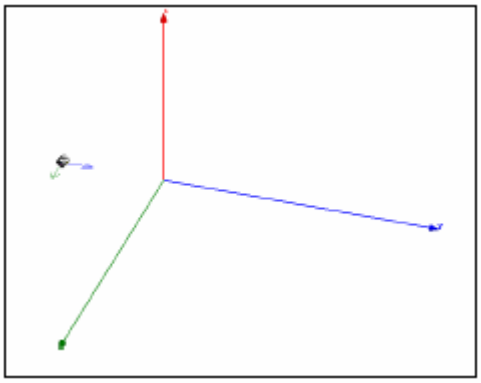


F. 0.3.5

一）选择菜单：***3D Modeler > Grid Plane > XY***

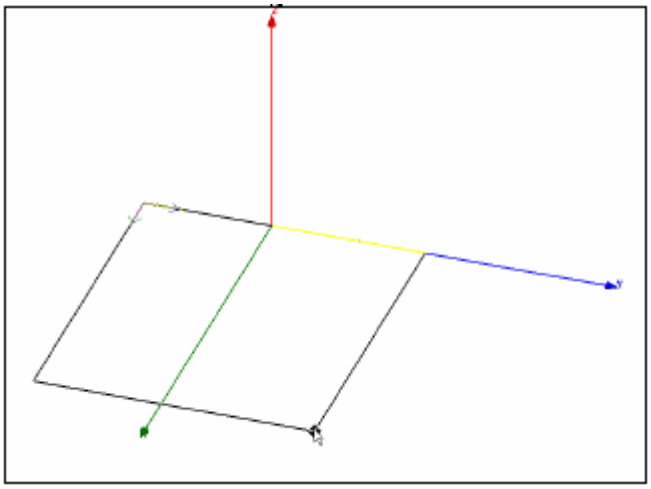
二）使用鼠标完成基本的形状

1. 通过将活动光标放在具体位置并点击左键来确定起始点。



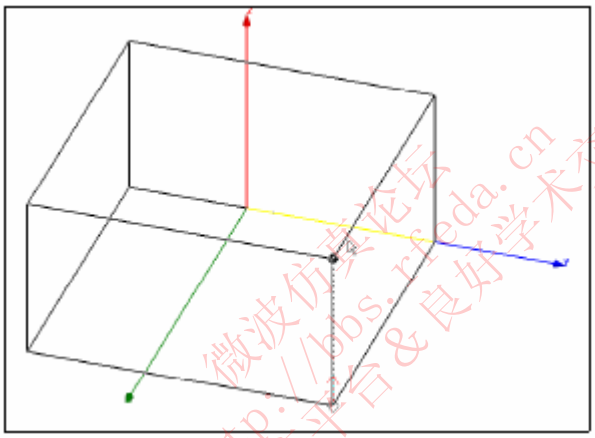
F. 0.3.6

2. 将活动光标放置在适当位置并点击左键确定基本的矩形。



F 0.3.7

3. 通过活动光标点击左键来设定高度。



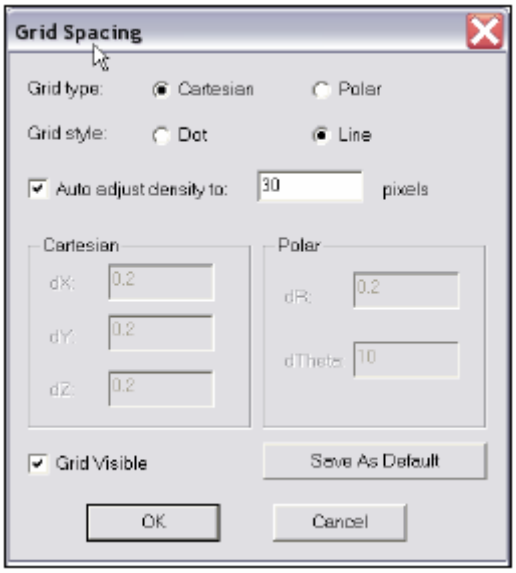
F. 0.3.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

设置端点

一、网格

从例子中我们可以了解到设置一个端点的最简单的方式：在网格平面点击一下即可。设置网格平面的精度，可选择菜单：***View > Grid Setting*** 。在这里你可以设定网格的类型、格式、可视度和精度。点击**保存为默认设置（Save As Default）**按钮，供以后 HFSS 设计直接调用。



F. 0.3.9

二、坐标输入

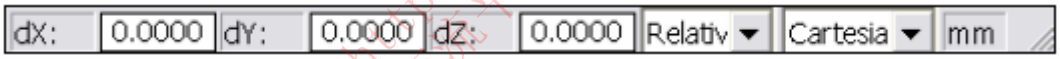
另一种说明坐标的方法是使用位于 Ansoft HFSS 桌面的数字工作条的坐标输入区。这里的坐标可以设置成**直角坐标、柱坐标、球坐标**。一旦第一个点确定了，坐标输入区的值为相对坐标。在相对模式下，坐标不再是绝对的（从工作坐标的圆点开始计算），而是相对于前一个输入点。

1、公式

坐标输入区允许输入公式作为坐标值。例如：2*5，2+6+8，2*cos（10*（pi/180））。

坐标输入区不能输入变量。

注意：Trig 函数是按弧度计算。



F. 0.3.10

2、物体属性

在默认属性条件下，你设计完物体后会出现一个对话框。在这个对话框中你可以修改物体的位置和大小。这个方法使你可以通过点击鼠标来修正最终的对话框。

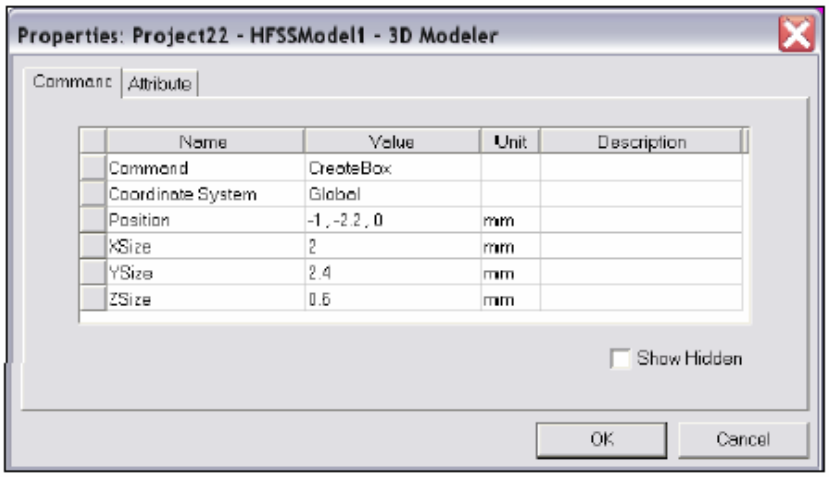
属性对话框可以是公式、变量和单位。详情见输入参数概述。

每个物体都有两个特性

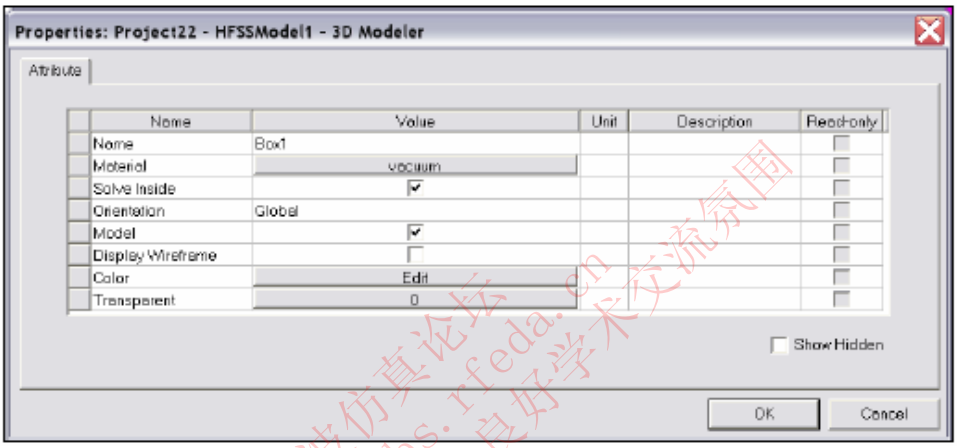
1）命令（Command）-定义物体性质

2）性质（Attributes）-定义材料、显示情况和性质。

Commands



Attributes



F. 0.3.11

画图概述

一、基元

对于实体模型，基本元素或实体叫做基元。基元的例子有长方体、圆柱体、矩形、圆等等。基元又两种类型：三维基元或体和二维基元或面。通过合理设计基元尺寸并放置基元，我们可以设计出复杂的结构体。

设计复杂的物体时，可以将基元减去一个洞，也可以将基元组合起来。这些相关的操作在布尔运算中可以实现。

二维基元也可以生成任意的实体基元。

二、二维物体

以下是可用的二维物体：圆、直线、点、曲线、椭圆、矩形多线条。

三、三维物体

以下是可用的三维物体：长方体、圆柱体、球、环形曲面体、螺旋体、接合线、圆锥体、多面体。

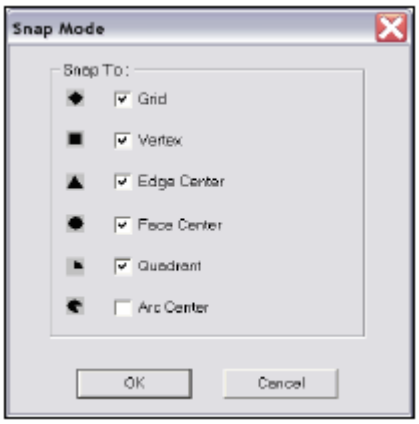
四、面

圆、圆柱体、球等等都有实际的表面。第九版之前版本的基元都是由小平面组成的。如果你想

使用小平面基元（圆柱体或圆），选择通用多面体或通用多线条。
对实表面物体的网格生成的控制，可以查看网格控制章节。

五、捕捉模式

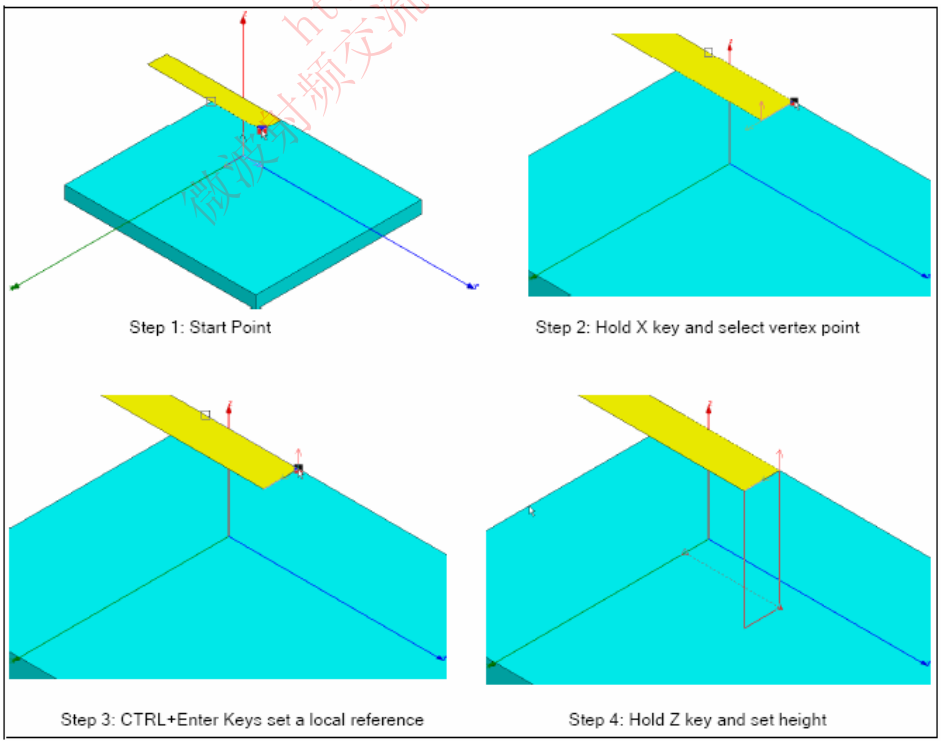
作为图形选择的补充，模块提供了捕捉功能。捕捉默认值如下图所示。活动光标的位置会捕捉到这些位置。



F. 0.3.12

六、移动

在默认设置中活动光标都是三维的。模型中也可以将活动光标设置为只在一个面移动或不能在某个面移动。这些设置在菜单 **3D Modeler > Movement Mode**。
另外，活动光标的活动范围也可以由 XYZ 键限制在一定的方向（x,y,z）。这个操作可以防止光标运动到其他方向。
按住 **CTRL+ENTER** 键可以设置本地参考点。这对于创建基于已经存在物体的几何图形时是很有用的。



F. 0.3.13

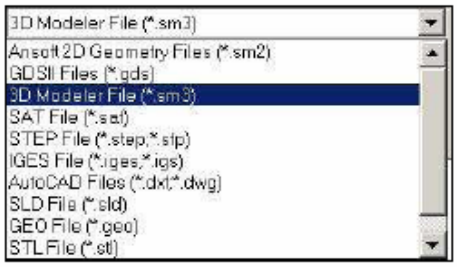
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&专业学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

七、导入

在 3D 模型设计中你可以从外部导入图形文件。

选择菜单：**3D Modeler > Import** 。下面是我们支持的导入文件。你需要一个许可文件才可以设置这些导入选项。



F. 0.3.14

八、融合

自动融合导入固体模型。

翻译后用户控制融合。

九、**3D 模式分析- 3D 模型/分型**

基于用户输入的面、体、区域分析。

问题清单（面、边、顶点）。

自动放大问题存在的区域。

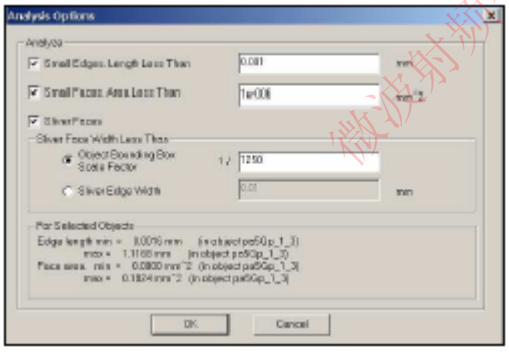
移动面。

移动边。

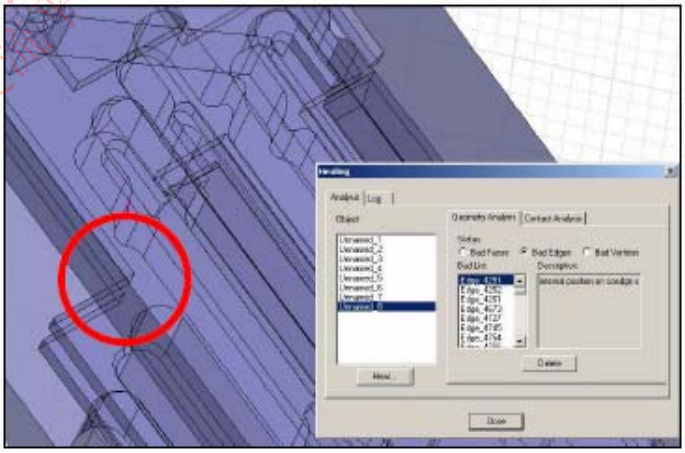
移动薄片。

移动顶点。

微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 0.3.15



F0.3.16

选择之前定义的形状

你可以通过移动鼠标到图形再点击它就可以选中目标。动态选择的默认模式是以唯一的外形颜色显示物体。请注意，在选中某个物体后，该物体呈紫色，其他物体将以透明形式显示。

一、选择的类型

选择物体的默认设置。有时我们需要选择面、边或者顶点。改变选择模式，选择菜单 ***Edit > Select***

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

然后选择合适的模式。快捷键 **o**（**选择体**）和 **f**（**选择面**）对于在两种常用模式间的转换是很有用的。

二、**多选择或切换选择**

在选择的时候按住 **CTRL** 键可以选择多个物体。按住 **CTRL** 键重复点击物体可以让物体在选中与非选中间切换。

三、**阻挡物体**

如果你想选择的物体在其他物体的后面，选择挡住你想选物体的物体，然后按住 **b** 键或点击右键选择菜单中的**后面下一个**（**Next Behind**）。你可以重复多次直到选中你想选中的物体。

四、**选择可视物体**

你可以通过 **CTRL+a** 或者选择菜单 ***Edit > Select All Visible*** 选择所有可以看见的物体。

五、**通过名称选择**

通过名称选择物体，你可以选择下面的任何一种方式：

一）选择菜单：***Edit > Select > By Name***

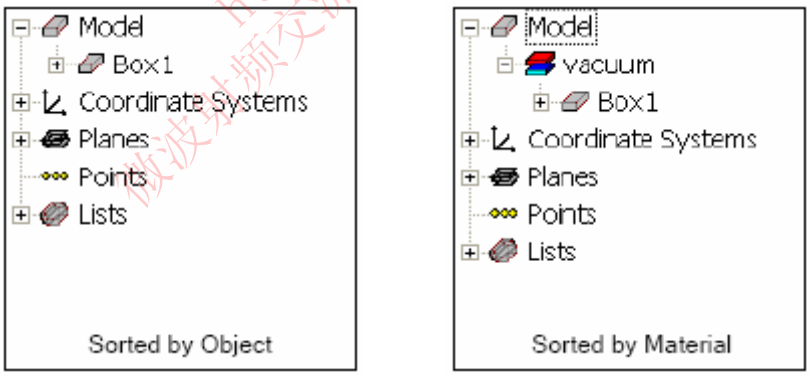
二）选择菜单：***HFSS > List***

1. 选择**格式**（**Model**）键
2. 选择列表中的物体

三）使用**模型树型结构**（**Model Tree**）。

六、**模型树型结构**

当创建一个物体后，它会自动添加到模型树型结构。在模型树型结构中可以找到所有的物体。如果你展开模型，你会发现物体通过物体可以按照物体或材料分类。通过切换菜单 ***3D Modeler 〉 Group Object by Material*** 可以在分类之间切换。



F. 0.3.17

和前面叙述的一样，每个物体有两种性能：

1、**属性**

点击数型结构的相关项可以选择物体。

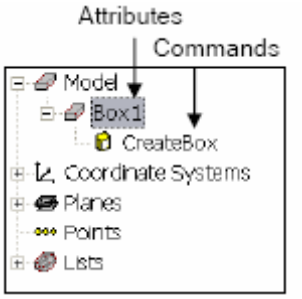
当你选中某物体时，它的属性会在性能窗口显示出来。在物体上双击时会打开一个性能对话框。在性能窗口可以修改相关的属性。

2、**命令**

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

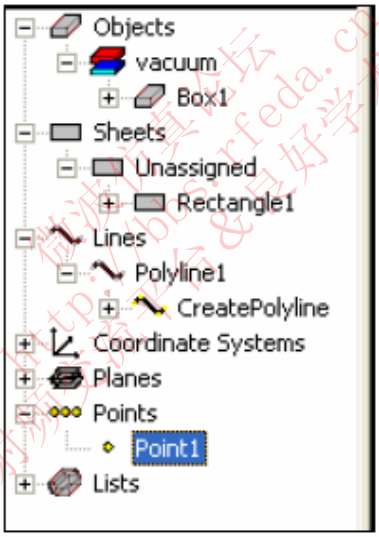
在模型树型结构处展开物体显示出命令列表，可以选中命令性能。用鼠标选中数型结构中的相关命令。在性能窗口中显示出相关的特性。双击命令可以打开一个特性对话框。使用属性窗口或属性对话框可以修改命令。

选中命令后，在 3D 模型窗口可以看到物体会以粗体形式显示出来。因为一个物体可以由几个基元组成，命令列表也可能包含几个物体。其中的任何以条指令都可以选来使物体可视化或修改物体。



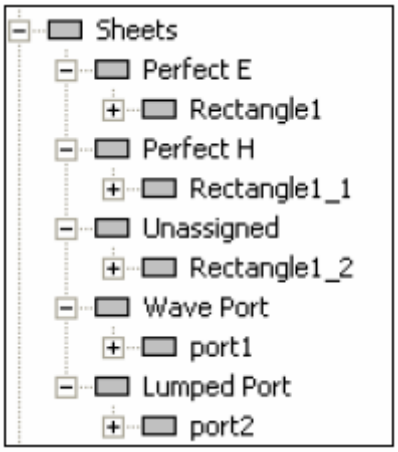
F. 0.3.18

3D 模型的几何图形有相关的模型定义实现。体、面、线和点是独立的，因此它们可以在模型树型结构中简单得到定义。



F. 0.3.19

如果边界条件和激励定义在一个面型物体上，二维物体通过它们的作用可以进一步分类。



F 0.3.20

七、**物体属性**

物体的属性有如下用户定义的性能：

名称－用户定义的名称。默认名称以基元类型开头，后面跟随数字标号：Box1、Box2 等等。

材料－用户定义材料性能。默认性能是空气。使用材料工具栏可以变换材料。

内部求解－默认的 HFSS 只给内部电介质求解。要让 HFSS 给内部电导求解，检查内部求解。

方向

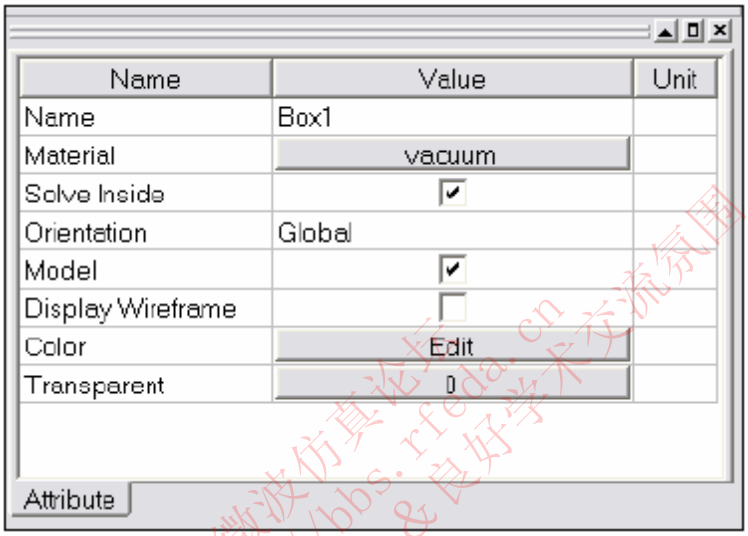
模型物体－如果物体包含在解内，就会对它进行控制。

展示线框－使物体总是以线框形式显示。

颜色－设置物体颜色

透明度－设置物体的透明度。0 是固体，1 是线形体。

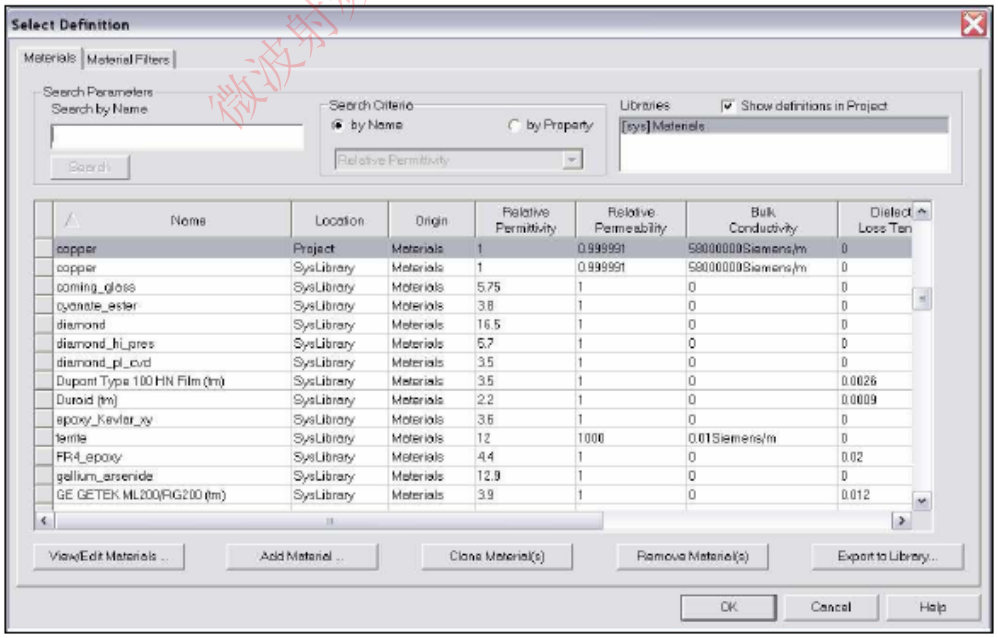
注意：可视性不是物体的性质。



F. 0.3.21

八、**材料**

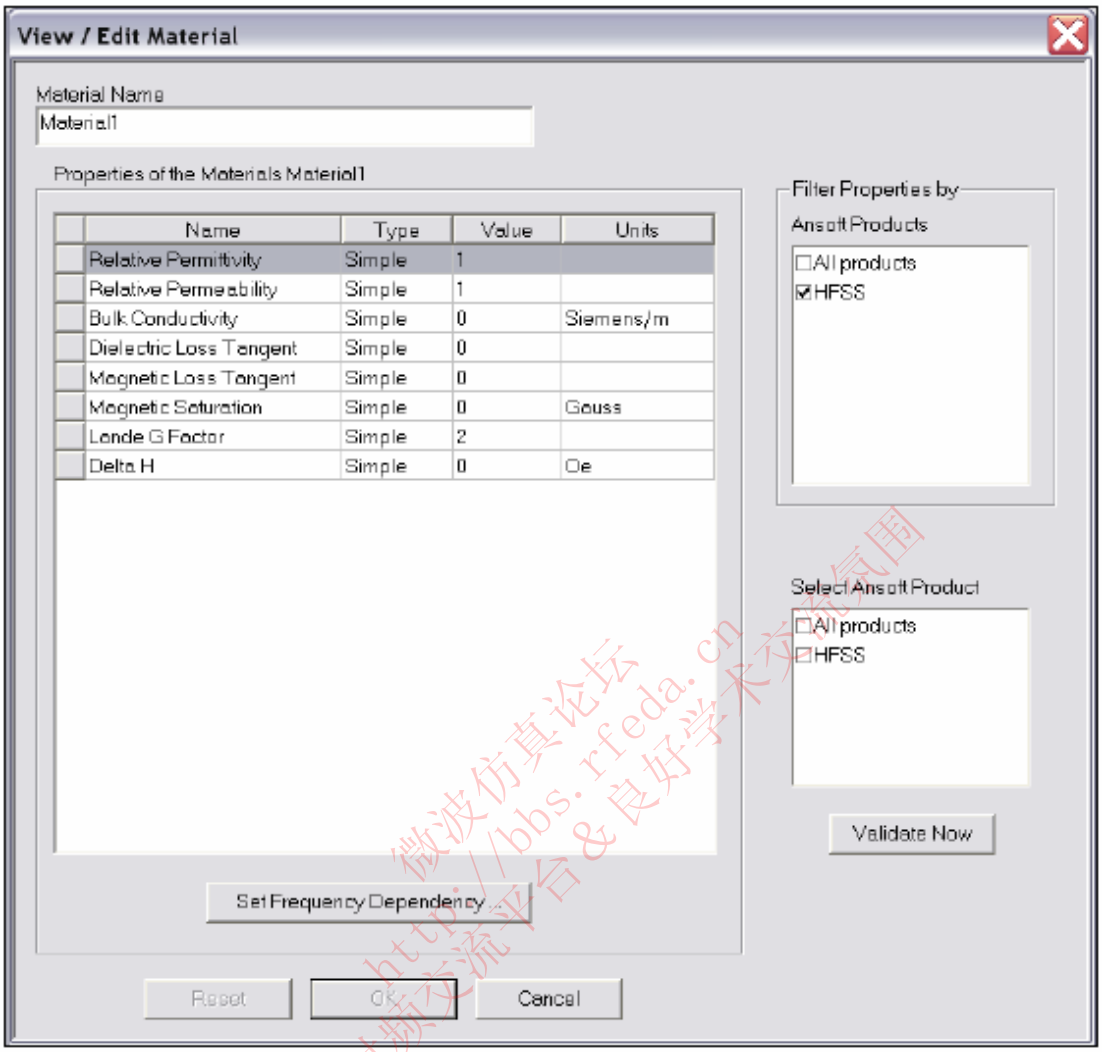
点击材料名称，材料定义窗口就会打开。你可以从已有的数据库中查找或定义一个用户工程材料。



F. 0.3.22

1、用户定义工程材料

在材料定义窗口点击**增加材料（Add Material）**按钮可以定义用户化材料。下面的对话框就会出现。输入材料的定义并点击确定按钮。



F 0.3.23

改变视角

通过以下命令，你可以随时（集市仔图形生成的过程中）改变视角：

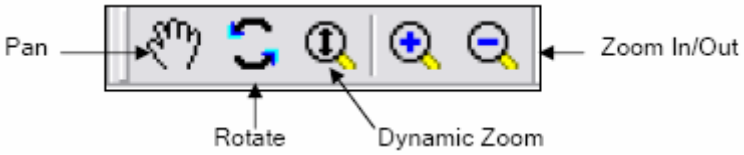
一、工具条

旋转－结构会绕坐标系统旋转。

上下左右移动－结构将在平面区域移动。

动态缩放－向上滚动鼠标增大放大因子，向下滚动鼠标会减小放大因子。

放大/缩小－拖动鼠标可以形成一个塑料手型结构。在放开鼠标后，放大椅子将会应用到设计中。



F. 0.3.24

二、背景菜单

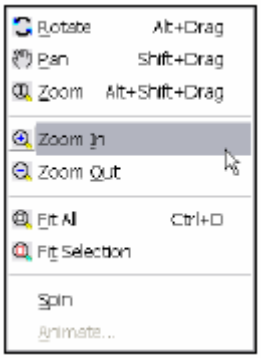
在图形区域点击右键选择菜单 **View**，在工具栏选择突出的选项，背景菜单如下：

合理视觉（Fit all）－这将结构缩放到画画区域的整个范围。

选中区域合理视觉（Fit Select）－将选中的物体在画画区域合理显示。

旋转（Spin）－拖动鼠标然后释放鼠标使物体旋转。拖动/释放鼠标的速度可以控制旋转的速度。

活力（Animate）－创建或展示几何图形的参数。



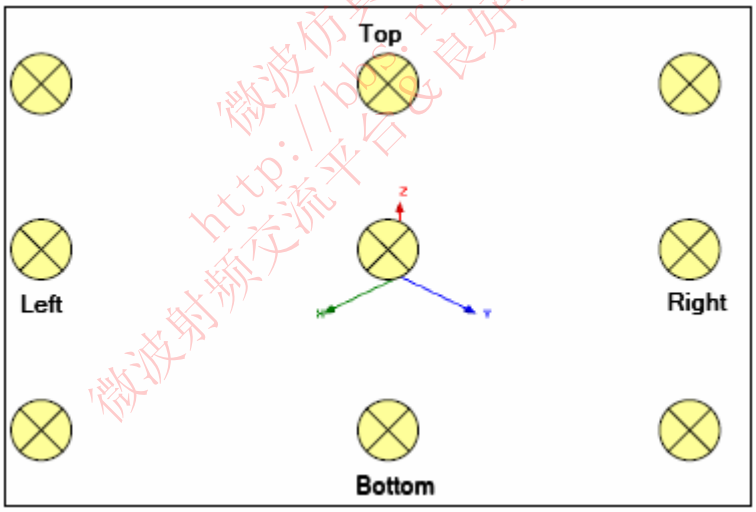
F. 0.3.25

三、快捷键

变换视图是一个常用的操作，因此有一些快捷键。按住相关的键并拖动鼠标可以有：

ALT+Drag－旋转

按住 ALT 键并在下图所示区域双击可以看到九个之前定义的视野。



F. 0.3.26

Shift+Drag－平面内移动

ALR+Shift+Drag－动态缩放

四、可视性

物体、边界、激励和场报告可以通过菜单 ***View* > *Visibility*** 控制。

五、选择性隐藏

选中物体并选择菜单 ***View* > *Hide Selection* > *All Views*** 可以设置选中物体的可视性。

六、透视图

改变视图的透视性选择菜单：***View > Render > Wireframe*** 或者 ***View > Render > Smooth Shaded***。

七、**坐标系**

控制坐标系，可以选择**菜单**：

可视性：切换菜单 ***View > Coordinate System > Hide（Show）***

尺寸：切换菜单 ***View > Coordinate System > Small （Large）***

八、**背景颜色**

设置背景颜色，选择菜单：View >Modify Attributes > Background Color。

九、**附加视图设置**

视图的附加属性例如规划、方向性、亮度等都可以在菜单 ***View > Modify Attributes*** 中设置。

十、**附加新特性**

选择：

选择相连的最高点

选择相连的面

选择相连的边

选择类似的边

选择类似的面

选择未被覆盖的线路

十一、**融合**

清除历史—把物体当作像导入的整体，以便其他物体可以与它融合。

移走面

移走边

移走顶点

排列面

十二、**可视性**

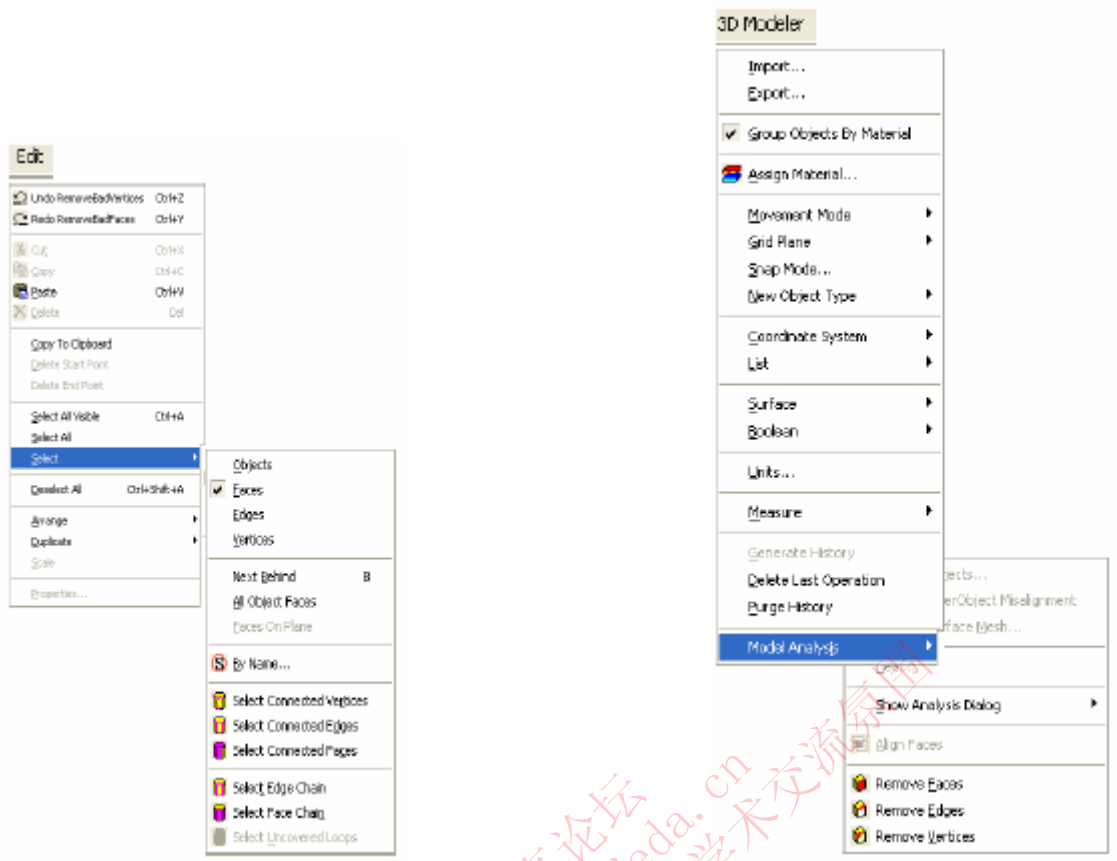
隐藏选中的有效视图

隐藏选中的所有视图

显示选中的有效视图

显示选中的所有视图

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F. 0.3.27

十三、**3D 用户界面选项**

一）当有选择的时候：

选择总是可视的

设置选中物体的透明性

设置未选中物体的透明性

二）默认的旋转：

屏幕中心

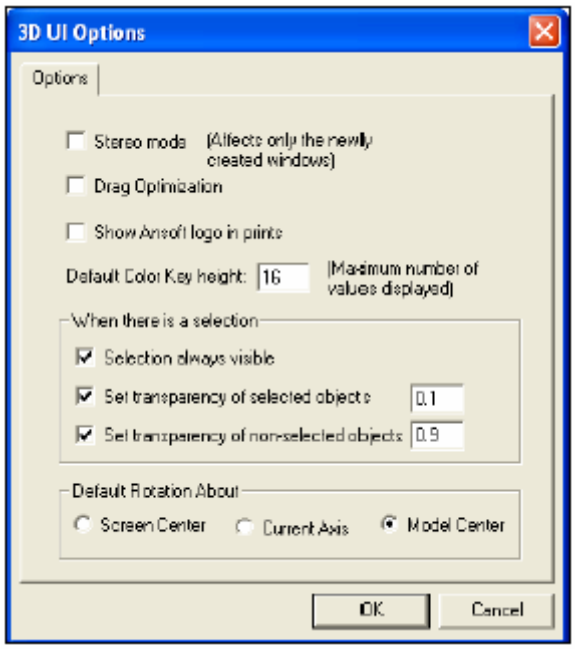
当前坐标轴

模型中心

十四、**3D 模型选项**

视图的可视化历史

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 0.3.28

应用结构的转换

一直到现在，我们都在深入研究简单的形状以及如何变换模型的视图。我们可以应用各种各样的转换，设计更加复杂的模型以及减少手动绘制的物体的数量。

以下例子给予你已经选择好你需要转换的物体。

你可以从下列菜单选择转换选项：

***Edit* > *Arrange* >**

Move－沿着一个矢量移动结构体

Rotate－饶坐标轴的一定角度旋转物体

Mirror－饶一个平面镜像一个物体

Offset－设定一个特定的 XYZ 轴

***Duplicate* >**

Along Lines－生成多个沿着一个矢量方向的复制品

Around Axis－生成多个绕 XYZ 轴的一个固定角度旋转的复制品

Mirror－绕一个特定平面镜像一个物体并生成一个复制品。

Scale－允许 XYZ 轴方向有不同的比例。

一个物体的面也可以移到另一个已经存在物体的面。移动一个物体的面，选择菜单：***3D Modeler* > *Surfaces* > *Move Faces* 再选择 *Along Normal* 或者 *Along Vector*** 。

通过布尔运算组合物体

大多数复杂的结构可以由简单的基元组成。即使是固体基元我们也可以将它简化为二位基元绕一个

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

矢量方向或轴旋转扫描得到（长方体是给一个矩形一个厚度）。固体模型支持下列布尔运算：

合并（Unite）－组合多个基元

组阁未连接的物体

各个部分是独立的

相减（Subtract）－从一个基元移出另一个基元

分裂（Split）－将基元分为几个部分

交叉（Intersect）－保存重叠部分的基元

扫描（Sweep）－通过扫描可以将一个二维基元转换为一个固体：沿着一个矢量或一个轴或一个特定路径

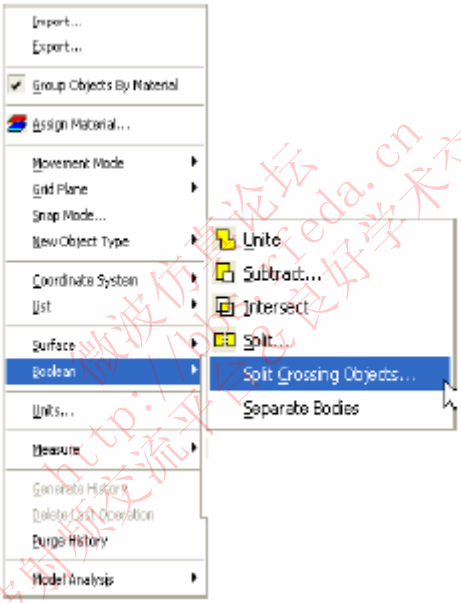
连接（Connect）－连接二维基元。通过连接外表面形成一个固体

切割（Section）－由一个三维物体生成一个二位物体

大多数布尔操作需求一个基本的基元。只有最基本的物体将不能被操作。

布尔函数提供复制物体的选项。

分裂交叉物体（Split Crossing Objects）－当选中一组物体时，任何重叠的物体都可以被分裂。



F. 0.3.29

局部坐标系统

创建局部坐标系统的能力增加了了创建结构体的灵活性。在以前的章节我们已经讨论了排列全局坐标系统。局部坐标系统简化了通用坐标系统分裂生成了物体的过程。另外，物体的定义与相对坐标系统是相关的。坐标系统的定义会在模型数型结构中记录下来。

一、**工作坐标系**

工作坐标系统就是当前选中的坐标系统。可以是一个局部或者全局坐标系统。

二、**全局坐标系统**

默认的固定的坐标系统。

三、**相对坐标系统**

用户定义的局部坐标系统：

偏置

旋转

偏置和旋转

四、**面坐标系统**

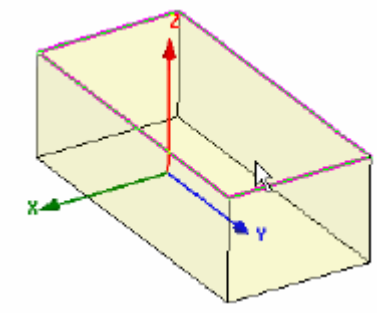
用户定义的局部坐标系统。它位于物体的某个面。如果该物体的尺寸发生变化，所有在这个面坐标系设计的物体都会自动更新。

创建面坐标系，选择菜单：***3D Modeler >Coordinate System >Face***

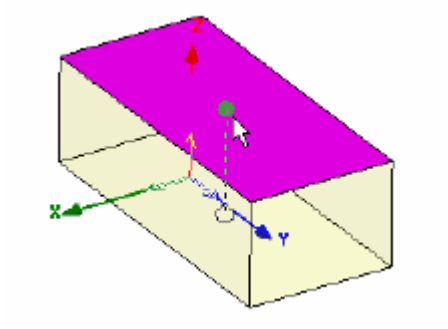
1、选择某个面（模型图中会加亮）

2、选择面坐标的原点

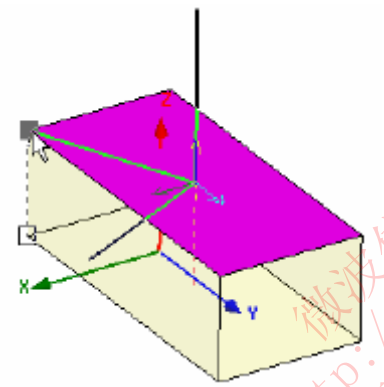
3、设置 X 轴



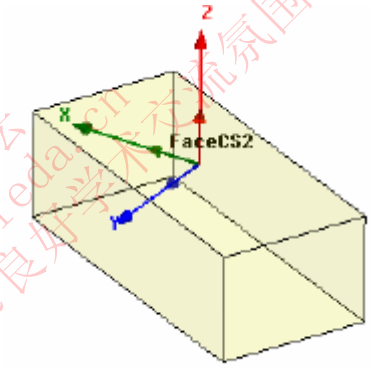
第一步：选择面



第二步：选择原点



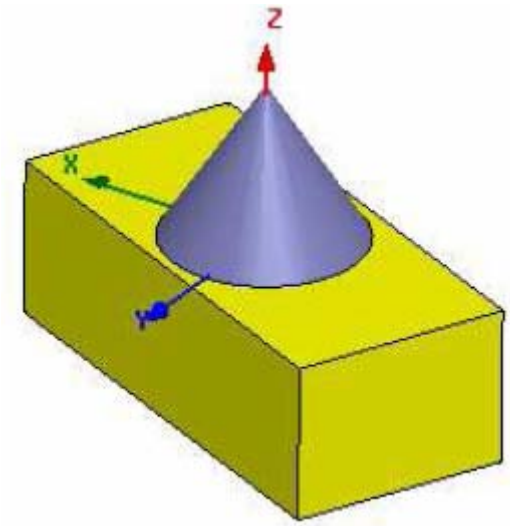
第三步：选择 X 轴



新的工作系统

F. 0.3.30

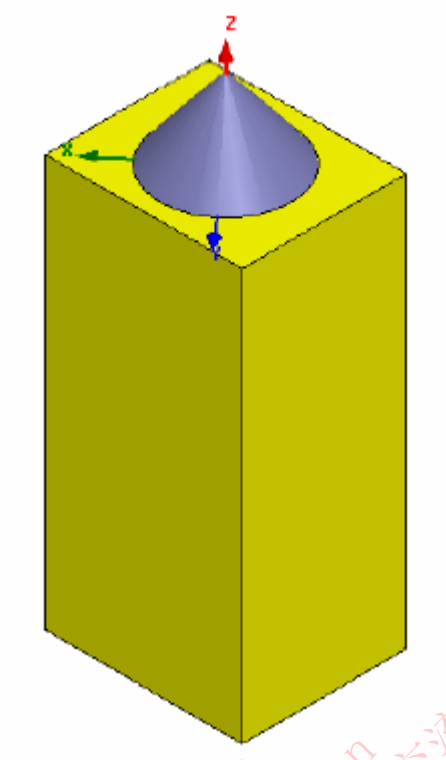
五、**面坐标系统举例**



F. 0.3.31

圆锥体是在面坐标系下创建的。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



改变长方体的尺寸，圆锥体自动随着面坐标系移动。

F. 0.3.32

几何参数

改模型参数性能可以修改，而不是只有固定的位置和尺寸。参数设定后都可由用户或 Optimetrics 修改。Optimetrics 用来实现自动优化、参数扫频、统计或者灵敏性分析。

一、**参数定义**

选择参数命令

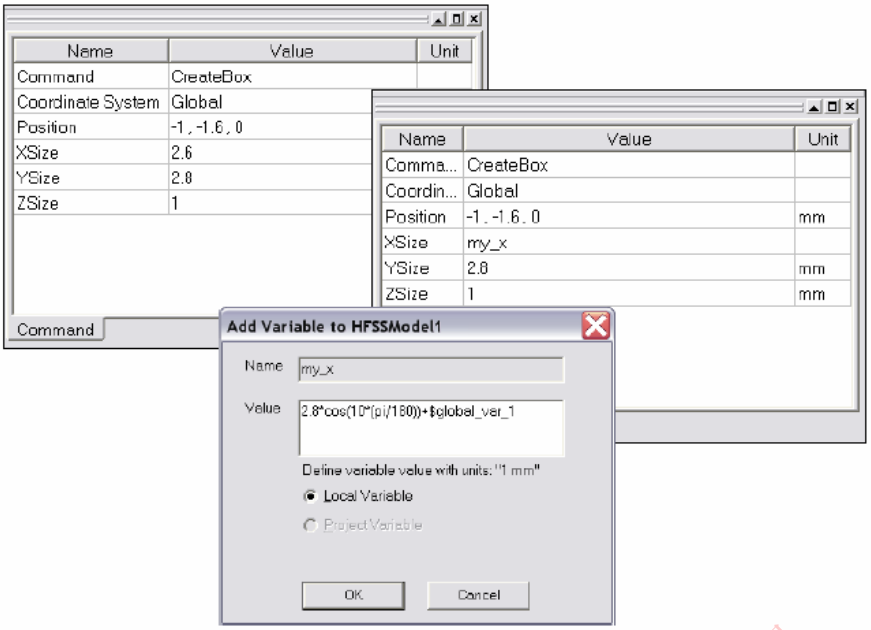
选定要改变的值

输入变量来取代固定值

通过数学公式或设置变量来定义变量

模型会自动更新

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 0.3.33

二、**变量**

在 HFSS 桌面有两种定义变量的方法：

设置属性－局部模型。设置局部变量，选择菜单：***HFSS > Design Properties***。

工程变量－全局模型。以$开头可设置全局变量，选择菜单：***Project > Project Variables***。

三、**单位**

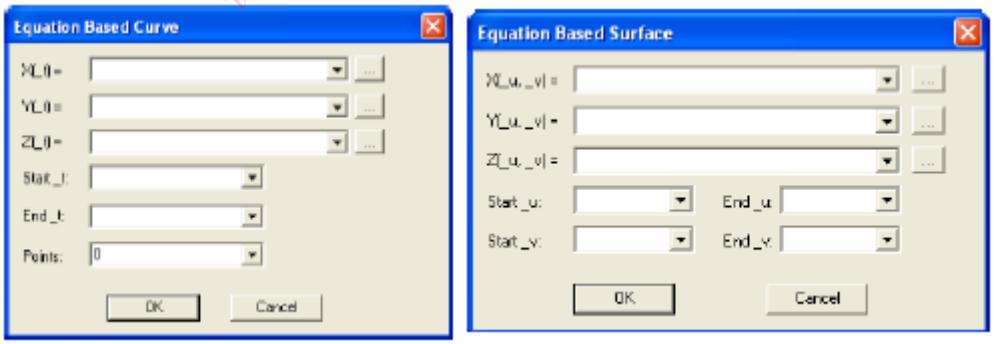
定义变量时要包含单位。变量的默认单位是米。

四、**公式**

变量可以包含多个公式。数学公式见在线帮助。

五、**基于曲线和面的公式**

通过三维方程可以描述任何曲线和面。



F. 0.3.34

六、**灵活性**

在 3D 模型窗口点击右键并选择灵活性即可看到参数化。

注意：在图形特性图中可以选择导出 AVI 或 GIF 文件。

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，我们所要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。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&资料共享交流家园

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

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为理想电边界的。

1. 任何物体的表面如果接触到了背景就会被自动的设置为理想的电边界，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为理想电边界，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*Zs(n xHtan)*。表面电阻(Zs)就等于 (1+j)/(δσ)。其中，

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

ω 是激励电磁波的频率.

σ 是导体的电导率

μ 是导体的导磁率

阻抗边界（Impedance）——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Zs(n x Htan)，表面的阻抗为Rs + jXs，其中

Rs 是以ohms/square为单位的电阻

Xs 是以ohms/square为单位的电抗

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

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）——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）

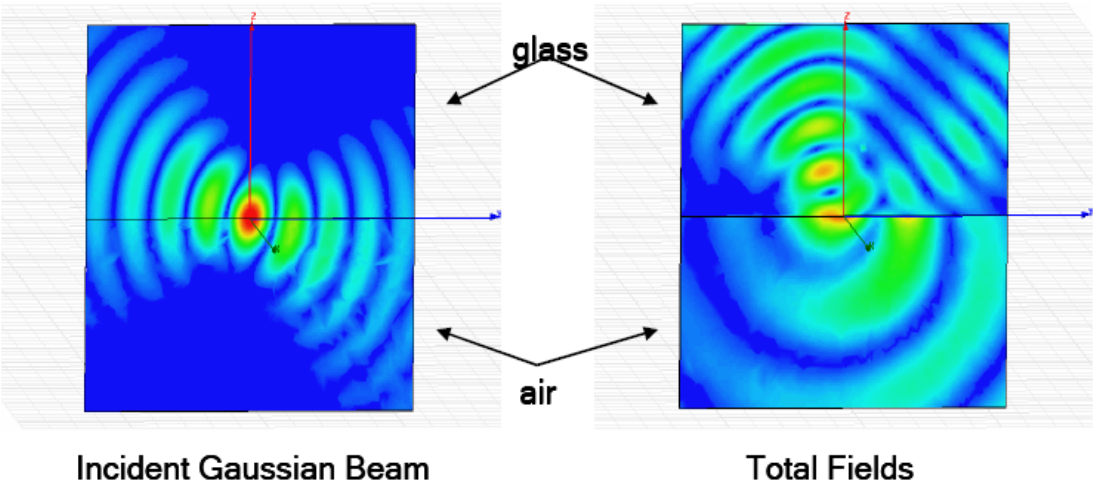
凋落平面波

高斯波束

赫兹双级子以及线源

线天线

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流园地

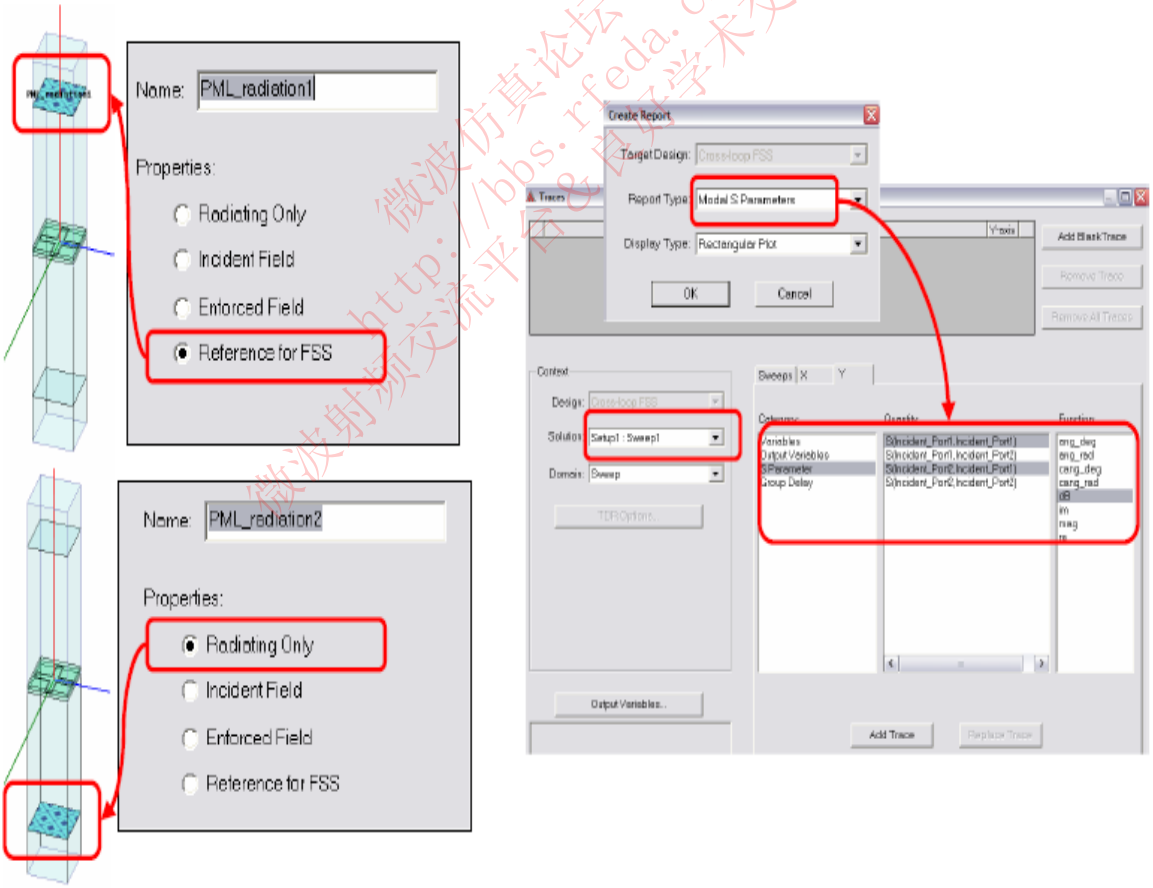


F.1.1.1

频率选择表面（Frequency Selective Surface）

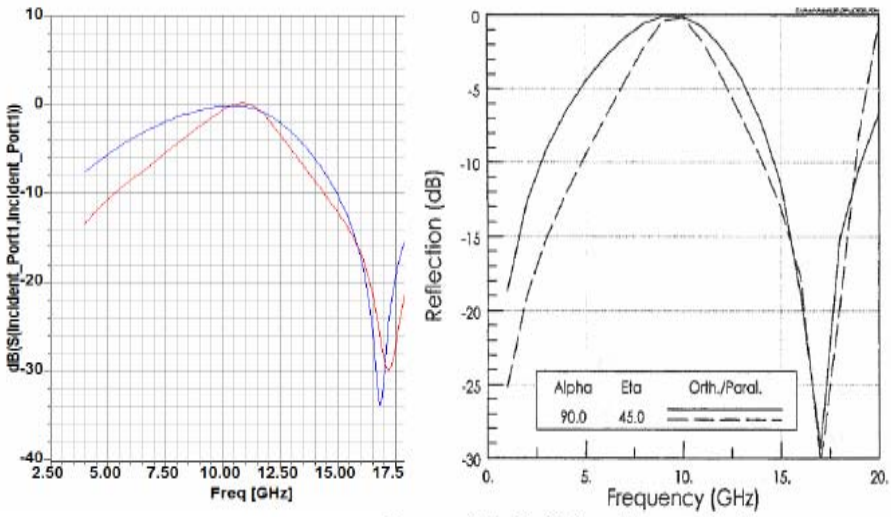
自动计算反射，传输

可以采用插入扫描



F.1.1.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&自学学术交流氛围



Frequency Selective Surfaces: Theory and Design.
Ben A. Munk, Fig 2.15, pg 38

F.1.1.3

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

第二节 激励

一、激励技术综述

端口是唯一的一种允许能量流入和流出结构的边界条件。你可以把任意的二维面或三维物体的表面定义为端口。在结构中的三维电磁场被计算之前，有必要决定每个端口的激励场类型。HFSS 采用任意的端口解算器计算与端口截面相同的传输结构中存在的自然的场模式。

HFSS 默认的设定，所有的结构都完全的装入一个导体屏蔽层，没有能量能够穿过屏蔽层。你可以在结构上设定波端口使得能量进入和离开导体屏蔽层。

在结构中除了采用波端口（Wave port）外，你还可以应用集总端口（Lumped port）。集总端口对于模拟结构内部端口是很有用处的。

波端口（Wave port）

端口解算器假定你定义的波端口连接到一个具有和端口相同截面和材料的半无限远波导上。每个波端口都是单独激励的，并且其中的每个模式的平均功率都是一瓦。波端口计算端口阻抗，复传播常数，以及 S 参数。

波动方程

在波导中行波的场模式可以通过求解Maxwell方程获得。下面的由Maxwell方程推出的方程使用两维解算器求解。

$$\nabla\times\left(\frac{1}{\mu_r}\nabla\times\vec{E}(x,y)\right)-\kappa_0^2\varepsilon_r\vec{E}(x,y)=0$$

其中：

$\vec{E}(x,y)$ 是谐振电场的矢量表达式；

κ_0 是自由空间的波数；

μ_r 是复数相对导磁率；

ε_r 是复数相对介电常数。

求解这个方程，两维解算器得到一个矢量解 $\vec{E}(x,y)$ 形式的激励场模式。这些矢量解与 z 和 t 无关，只要在矢量解后面乘上 $e^{-\gamma z}$ 它们就变成了行波。

另外，我们注意到激励场模式的计算只能在一个频率。在每一个感兴趣的频率，计算出的激励场模式可能会不一样。

二、模式（Modes）

对于给定横截面的波导或传输线，特定频率下有一系列的场模式满足麦克斯维方程组。这些模式的线性叠加都可以在波导中存在。

模式转化

在某些情况下，由于几何结构充当了模式变换器，有必要考虑高次模的影响。例如，当模式 1（主模）从某一结构的一个端口（经过该结构）转换到另外一个端口的模式 2 时，我们有必要得到模式 2 下的 S 参数。

模式，反射和传播

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

在单一模式的激励下，由于高频结构的不连续性，三维场解算器的结果中仍然有可能包含高次模反射。如果这些高次模反射回激励端口或者传输到另外的端口上，与这些模式相关的 S 参数就要被考虑进去。如果这些高次模在传输到任意端口前已经衰减了--由于传输损耗或者因为是非传输模式（凋落波），那就不用考虑这些高次模的 S 参数。

模式和频率

和每种模式相关的场模式一般会随频率的改变而变化。但是，传播常数和特性阻抗总是随着频率变化的。因此，当进行频率扫描时，在每个频率点都会进行结算。我们应当意识到，随着扫描频率的提高，出现高次模的可能性也在增加。

模式和S参数

波端口被正确定义时，对于仿真中要考虑的每个模式，在波端口上都完全匹配的。因此，每个模式的 S 参数和波端口，将会根据不同频率下的特性阻抗进行归一化。这种类型的 S 参数叫做广义的 S 参数。

实验测量，例如矢量网络分析仪，以及电路仿真器中使用的特性阻抗是常数（这使得端口在各个频率下不是完全匹配）。

为了使计算结果，和实验及电路仿真得到的测量结果保持一致，由 HFSS 得到的广义 S 参数必须用常数特性阻抗进行归一化。如何归一化，参看波端口校准。

注解：对广义 S 参数归一化的失败，会导致结果的不一致。例如，既然波端口在每一个频点都完全匹配，那么 S 参数将不会表现出各个端口间的相互作用，而实际上，在为常数的特性阻抗端口中，这种互作用是存在的。

三、波端口的边界条件：

波端口边缘有以下所述的边界条件：

理想导体或有限电导率边界——在默认条件下，波端口边缘的外部定义为理想导体。在这种假设条件下，端口定义在波导之内。对于被金属包裹传输线结构，这是没问题的。而对于非平衡或者没被金属包围的传输线，在周围介质中的场必须被计算，不正确的端口尺寸将会产生错误的结果。

对称面——端口解算器可以理解理想电对称面（Perfect E symmetry）和理想磁对称面（Perfect H symmetry）面。使用对称面时，需要填入正确的阻抗倍增数。

阻抗边界——端口解算将识别出端口边缘处的阻抗边界。

辐射边界——在波端口和辐射边界之间默认的设置是理想导体边界。

四、波端口校准：

一个添加到几何结构的波端口必须被校准以确保一致的结果。为了确定场的方向和极性以及计算电压，校准是必要的。

求解类型:模式驱动

对于模式驱动的仿真，波端口使用积分线校准。每一条用于校准的积分线线都具有以下的特性：

阻抗：作为一个阻抗线，这条线作为 HFSS 在端口对电场进行积分计算电压的积分路径。HFSS 利用这个电压计算波端口的特性阻抗。这个阻抗对广义 S 参数的归一化是有用的。通常，这个阻抗指定为特定的值，例如，50 欧姆。

注意：如果你想有能力归一化特性阻抗或者想观察 Zpv 或 Zvi 的值就必须在端口设定积分线。

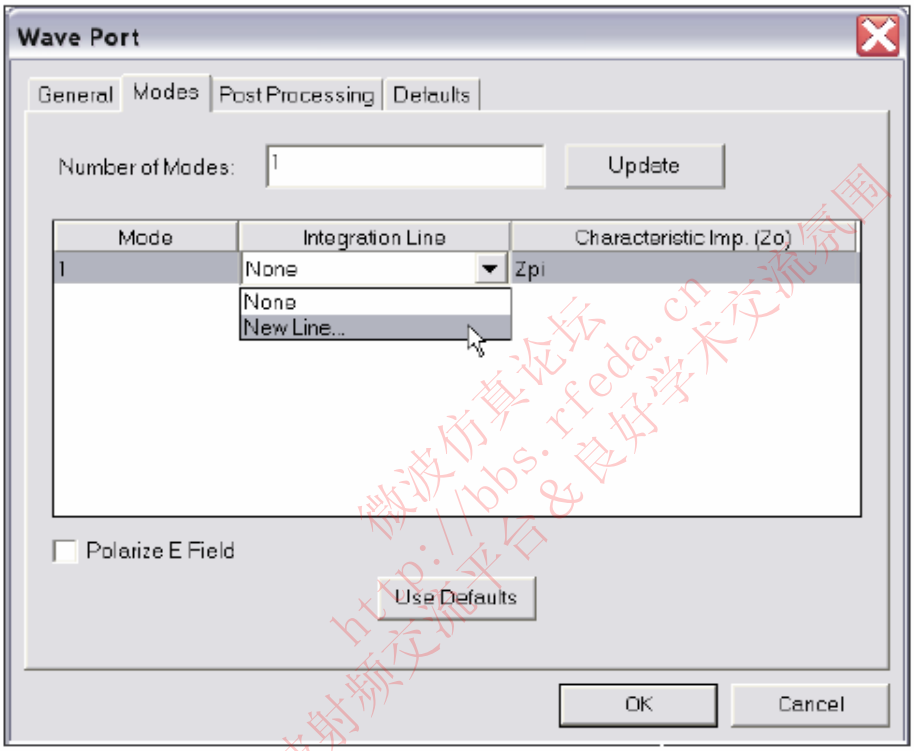
校准：作为一条校准线，这条线明确地确定每一个波端口向上或正方向。在任何一个波端口，$\omega t = 0$ 时的场的方向至少是两个方向中的一个。在同一端口，例如圆端口，有两个以上的可能的方向，这样你将希望使用极化（Polarize）电场的选项。如果你不定义积分线，S参数的计算结果也许与你的期望值不一致。

提示：也许你需要首先运行端口解（ports-only solution ），帮助你确定如何设置积分线和它的方向。

为了用积分线校准一个已经定义的波端口，要做一下操作：

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

1. 在项目树（Project Tree）中打开激励（Excitations），并双击被校准的波端口。
2. 选择模型（Modes）列表。
3. 从列表中为第一个模型选择积分线（Integration Line）一列。然后，选择新线（New Line）。
4. 使用下列方法中的一种进行位置和长度的设置：
   直接输入线段起点和终点相对工作坐标系的 x, y 和 z 坐标。关于坐标系更多的信息，请参阅 XX 章。
   在绘图窗口的点击。这条线显示为矢量，指明了方向。如需要改变线段的方向，在积分线（Integration Line）一列，选择切换终点（Swap Endpoints）。
5. 重复 3、4 步，设置该端口其它模式的积分线。
6. 完成积分线定义后点击 OK。
7. 重复1—6步，设置其它波端口的积分线。



第三步：创建一根新线

F.1.2.1

五、关于阻抗线

HFSS 开始计算的 S 矩阵值是对每个端口的阻抗进行归一化的结果。然而，我们经常希望计算对某一个特定阻抗如 50 欧姆归一化的 S 矩阵。为了将广义 S 矩阵转化成归一化 S 矩阵，HFSS 需要计算各端口的特征阻抗。计算特征阻抗的方法有很多种（Zpi, Zpv, Zvi）。

HFSS始终会计算Zpi。这个阻抗的计算使用波端口处的功率和电流。另外两种方法 Z_{pv} 和 Z_{vi} 需要计算电压的积分线。利用每一个模式的积分线，可以计算出电压值。

一般来说，阻抗线应该定义在电压差值最大方向上的两点之间。如果你要分析多个模式，由于电场方向的变化，需对每个模式分别定义不同的阻抗线。

六、关于校准线

在计算波端口激励的场模式时，场在 ωt=0 时的方向是任意的且指向至少两个方向中的一个。利用

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

参考方向或参考起点，积分线能够校准端口。需确认每一个端口定义的积分线参考方向都与类似或相同截面端口的参考方向相同。用这种方法，试验室的测量（通过移去几何结构，两个端口连接在一起的方法校正设置）得以重现。

由于校准线仅仅确定激励信号的相位和行波，系统在只对端口解算（ports-only solution ）时可以将其忽略不计。

七、求解类型:终端驱动

HFSS 计算的以模式为基础的 S 矩阵表示了波导模式入射和反射功率的比值。上面的方法，不能准确地描述那些有多个准横电磁波（TEM）模式同时传播的问题。这种支持多个准横电磁波（TEM）模式的结构有耦合传输线或接头等。它们通常使用端口 S 参数。

需要用终端线校准已定义的波端口：

1. 在项目树（Project Tree）中打开激励（Excitations），并双击被校准的波端口。
2. 选择终端（Terminals）列表。
3. 从列表中为第一个模型选择终端线（Terminal Line）一列。然后，选择新线（New Line）。
4. 使用下列方法中的一种进行位置和长度的设置：

   直接输入线段起点和终点相对工作坐标系的 x, y 和 z 坐标。关于坐标系更多的信息，请参阅 XX 章。

   在绘图窗口的点击。这条线显示为矢量，指明了方向。如需要改变线段的方向，在终端线（Terminal Line）一列，选择切换终点（Swap Endpoints）。
5. 重复 3、4 步，设置该端口其它终端线。
6. 完成终端线定义后点击 OK。
7. 重复1—6步，设置其它波端口的终端线。

八、关于终端线

终端的 S 参数反映的是波端口节点电压和电流的线性叠加。通过节点电压和电流端口的导纳、阻抗和赝 S 参数矩阵就能被确定。

对每个与导体相交的端口，HFSS 自动将模式解转变成终端解。

一般来说，一个单终端线都是建立在参考面或“地”导体与每一个端口的导体之间。

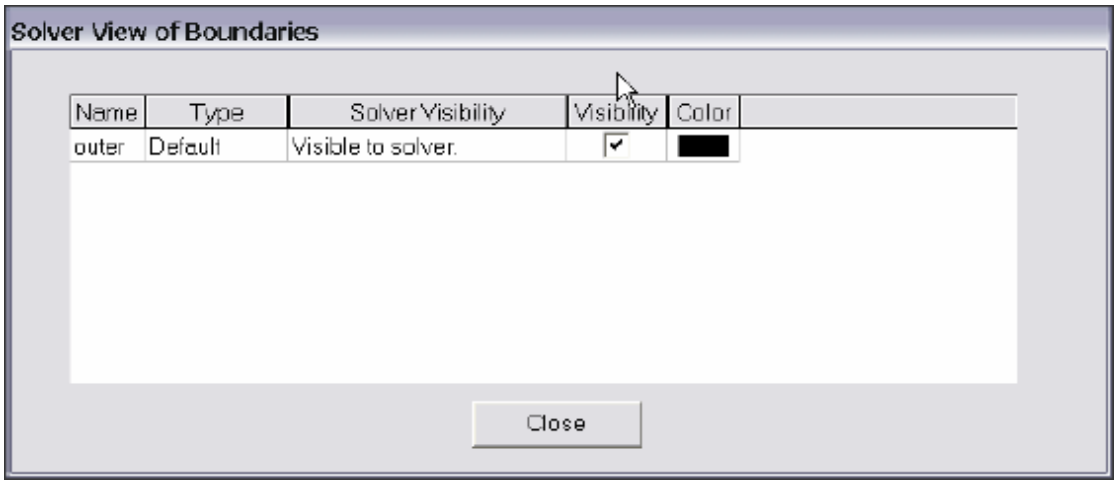
电压的参考极性用终端线的箭头确定，头部（＋）为证，尾部（—）为负。来的。如果你决定建立了终端线，你就必须在每一个端口和每端口都建立终端线。

九、定义波断口的几点考虑

波端口的定位：

露于背景的面设定为波端口。背景已经被命名为 Outer. 因此，一个面如果表露于背景则它与 outer 相连。用户可以通过主菜单 HFSS➔Boundary Display（Solver View）选择所有的区域定位。从 Solver View of Boundaries，点击 Visibility 查看 outer。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流园地



F.1.2.2

内部波端口：

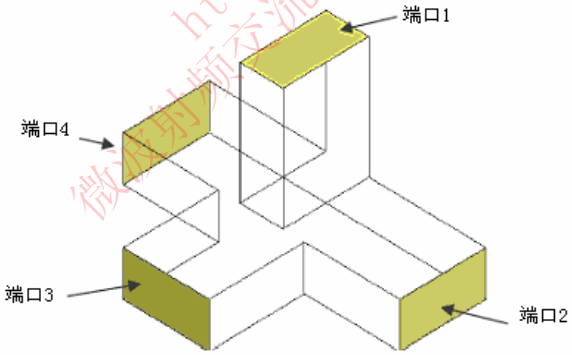
结构内部定义波端口，你必须在内部建立一个不存在的空间或者在已存在物体内侧选择一个面并将它的材料定义成为理想导体。内部不存在的空间自动将边界赋值为 outer。你可以创建一个整个由其它物体包围的内部空间，然后，从这个物体中剪掉这个空间。

端口平面：

端口设在单一平面。不允许端口平面弯曲。例如：一个几何体有一个弯曲的表面，该表面暴露于背景，则这个弯曲的表面不能被定义成波端口。

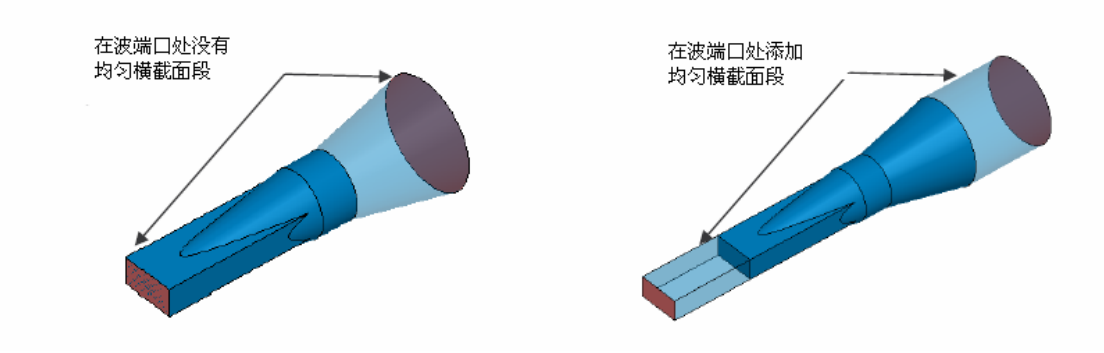
十、端口要求一定长度的均匀横截面

HFSS 假定你所定义的每个端口都与连接到一个于端口具有相同横截面的半无限长波导。但求解 S 参数时，仿真器假定其几何结构被具有这些截面的自然模式激励。下面的图将说明这些横截面。第一个图显示直接在结构外面的导体表面定义了波端口。



F.1.2.3

第二张图显示，模型结构必须添加均匀横截面部分。左边模型结构有误，原因是在模型两个端口都没有均匀横截面的部分。为了正确建模，需在每个波端口处添加一段均匀横截面的传输线，如右图所示。



F.1.2.4

均匀横截面部分的长度必须足够的长，这样才能保证截止模式逐渐消失。以保证仿真结果的精确。例如：如果一个截止模式由于损耗和模式截止大约经过1/8波长逐渐消逝了，这就需要构造一个长度为1/8波长的均匀波导段。否则，仿真结果中一定会包含高次谐波的影响。

在端口处附近的不连续性同样可以使截止模式传播到端口。如果端口放置在很靠近不连续性处，由于端口处的边界条件导致仿真结果与对应的真实值不同（即：系统迫使每一个端口都是你要求求解模式的线性叠加）。截止模式中的能量传播到端口将会影响主模的能量并产生错误的结果。

如果波在 Z 方向上传播，模式的削减可以用函数 $e^{-\alpha z}$。因此，所需的距离（均匀端口长度）由模式的传播常数值决定。

当端口长度设置正确时，在端口处仿真的模为理想匹配，如同波导延伸至无穷远处一般。对仿真中没有包含的模，波端口可被看成理想导体。

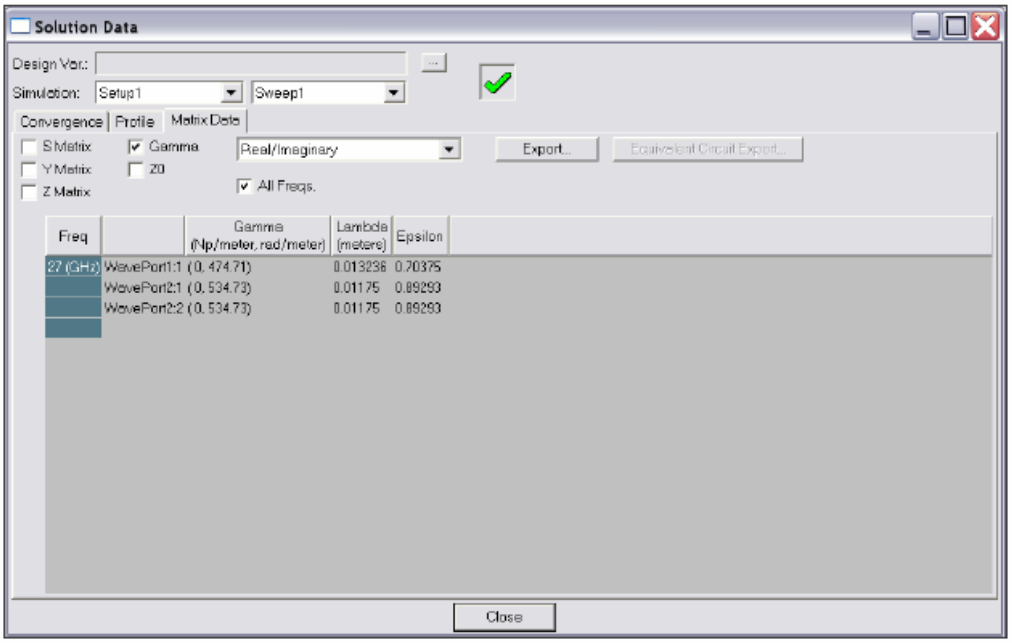
十一、端口和多重传播模式

每个高次模都表现为沿着波导传播的不同的场模式。通常，仿真中应包括所有的传播模式。在大多数情况下，你可以接受默认的单模模式，但是对那些传播高次模的问题，我们需要改变默认设置，将其改变成多模模式。如果实际传播模式数比你指定指定的模式数多，就会产生错误的结果。模式的数量随端口不同而不同。

传播模式

传播模式是指那些具有传播常数 β（rad/m）并且 β 远大于衰减常数 α（Np/meter）的模式。用下面的方法可确定那些仿真问题中应包括的模式，首先设置成不包括自适应解的多模模式问题，然后求解。在完成分析之后检验每个模的复传播常数（Gamma）γ＝α＋β：为了能够在完成分析之后检验每个模的复传播常数：

1. 在 HFSS 的 Analysis Setup 菜单中，选择 Matrix Data。
2. 此时会弹出一个对话框如下图所示。选择 Gamma 并改变显示类型为 Real/Imaginary。



F.1.2.5

在端口每一个附加的模式将产生一组附加的 S 参数。假如，在一个 3 端口器件中每个端口设置 2 个模进行分析，其最终结果是一个 6×6 的 S 参量矩阵。一般来说，n 端口的解是由所有端口的激励数、模式数加上源的数量。

如果在仿真中不包含高次模，则需确认波端口有足够的长的均匀段，使截止模凋落且不会产生反射。

十二、波端口和对称面——阻抗倍乘

当由于使用对称面使端口的尺寸减少时，为计算电压损耗和功率流需要调整端口阻抗。

理想电对称面（Perfect E Symmetry plane），阻抗倍乘因子为2。该模型的电压差和功率流只有整个结构的1/2，导致计算出的阻抗也只有整个结构的1/2。只有模型算出的阻抗乘2以后，其阻抗值才与实际结构相同。

理想磁对称面（Perfect H Symmetry plane），阻抗倍乘因子为0.5。该模型计算的电压差与整个结构相同，但功率流只有整个结构的1/2，所以，算出的阻抗为整体结构的2倍。所以，阻抗倍乘因子为0.5。

如果整体结构同时包含理想电对称面和理想磁对称面，则无需调整。也就是说，无需调整同时含有理想电边界和理想磁边界的结构输入阻抗倍乘数，因为理想磁对称面的阻抗倍乘因子为 0.5，理想电对称面的阻抗倍乘因子为 2。两个阻抗倍乘因子相乘等于 1。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

第二章 Ansoft HFSS 求解设置

本章将详细论述 Ansoft HFSS v.10.0 中的求解功能，例如：

求解设置

谐振频率
收敛性；
网格初始化；
自适应操作；
低序基本函数。

设置

属性；
添加扫频范围；
扫描-属性和扫描类型。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第一节 自适应网格划分

一. 自适应网格划分

自适应网格划分功能将自动构建符合仿真体电气性能的网格。当使用自适应网格划分功能时，网格会自动调整到相对精确和高效的划分设置。当不使用自适应网格划分，用户需自己设置正确的网格划分，这一过程比较繁琐，也可能会出错。如果使用自适应网格划分，能很快得到正确的网格划分。

二. 划分原理

自适应网格划分算法会寻找场中或错误中梯度的最大值，以及这些区域中的子网格划分。同时该算法也会自动寻找一些特殊点，比如道题的边等作为网格分割的特殊条件。

网格的细化迭代划分是由菜单Setup Solution (Advanced Tab)中设置的四面体单元格决定的。需要注意的是，单元格是用百分比表示的。这确保了每部迭代过程中网格充分混迭，避免出现不收敛的情况。

当网格细化后，系统会重复这一过程，直到收敛。

三. 收敛性

每步自适应迭代后，HFSS都会自动对比当前S参数和前一次的S参数。如果S参数变化很小，则认为求解收敛，当前或上次的网格就可以用来设定扫频范围了。如果求解不收敛，则认为上次划分的网格不如当前的网格划分。在这种情况下如果要设置扫频范围的话，Ansoft HFSS会使用上次的网格划分结果。

四. Delta S

网格或求解是否收敛，默认是用 Delta S 来判定。Delta S 是用来表示两次迭代过程中 S 参数变化的最大值:

$$\max_{ij}[\mathrm{mag}(s_{ij}^{N}-s_{ij}^{(N-1)})]$$

（I,j 代表矩阵行列数，N 代表迭代次数；Delta S 是个矢量，在 0 到 2 间取值。）

基于电场划分的自适应网格，选择一个合适的自适应频率是很重要的。就像其他工程里的事情一样，都期望一定的规则，但总的来说，一下几点可以帮助我们选择合适的自适应点。

一） 宽带结构

对于宽带结构来讲，因为一个好的网格划分必须包含所有的低频点，所以截止频率必须包含在自适应频率内。

二） 滤波器

对于滤波器或者窄带产品来说，通带或工作频率范围必须包含在内，因为在截止频段端口仅存在电场。

三） 快速扫频

对于快速扫频来说，一般使用中心频率点。快速扫频使用的是网格/求解中的自适应频率点。如果不使用中心频率，快速扫描将会出现错误，中心频率点一般能很好的推算出整个

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

频率范围的结果。快速扫频的中心频率对自适应网格的划分同样很重要。这点对那些向窄带滤波器一样 Q 值很高的设备尤其重要。如果中心频率不在通带范围内，将得不到准确的带宽和谐振频率。

四） 全波 Spice 输出

在求解全波Spice输出时，需使用拐点频率(F_{knee}≈0.5/rise_time)来解决收敛性。然后再设置 2-5 个，或更多频率点。这些新增点，必须在拐点频率和最大频率之间（每个频率点仅需要 2-3 步迭代）。

1. 如果频率低于拐点频率，则会对时域产生很大影响。因此，拐点频率主要用于主自适应网格划分。不便之处在于，如果不进行自适应网格迭代，我们需要的网格可能就高于这个频率点。
2. 再带宽很宽的情况下，我们通常需要内插扫描。使用多频率扫描并联合求解结果是很有用的。

五） 高速数字/信号完整性

在高速数字仿真时，通常需要设置一个宽频范围。为确定我们仿真需要的带宽频率，需记住以下公式：

总的来说，所有低于F_{knee}频率的频率对熟悉信号会有很大影响。所以一个优秀的高速数字设计必须清楚，好的相应至少是F_{knee}。

六）高速数字（SPICE 输出）

在瞬态仿真时，为输出SPICE，需要很大的带宽（≥5*F_{knee}）。这样做的原因是F_{knee} 是近似值，而且我们希望在上升沿有多个采样点。

当输出 SPICE 是，低频同样重要。我们希望更接近 DC。每个端口的设置和每个问题都略微有所不同，那就是在 HFSS 有能求解的最低频率。99%的情况我们都可以仿真到 100MHz。低于这个频率可能就会出错。当输出全波 SPCICE 是，DC 部分将有求解的最低频率来推断。所以从 1GHz 到 DC，并没有给出一个很精确的推断结果。

频率间隔。在设置全波 SPICE 时，需要使用最小频率最为间隔。这样扫描带宽中通常会有 1000-3000 个点。

七） 高速数字自适应网格

仿真带宽越大，就越难决定自适应网格的频率。以下几点需要注意：

1. 自适应点从到F_{knee}到收敛点。（Delta S为 0.02 到 0.01 间）
2. 选取 2-3 个高于F_{knee}的频率点进行自适应。（注意不要设置为收敛点，且每步迭代设置为 3-5 步。）
3. 求解频率扫描
   如果带宽很宽，需要截断频率扫描说是插频扫描。

八） 高速数字（原理）

低于F_{knee}的频率点，对数字信号响应影响最大。所以对于所有低于Fknee的频率点必须产生一个精确的网格。

一个带宽足够宽的无源器件的仿真结果，通常为一个低通滤波器的响应。所以如果无源器件的响应超出低通滤波器相应的表现范围，更高频率仿真结果的贡献不如时域仿真。这正是我们不用担心高频自适应迭代收敛的原因。要理解这点，我们还需注意 HFSS 是怎

样进行自适应网格划分的。HFSS 是自动寻找电场梯度最大的地方。所以如果器件的响应接近滤波器并且采用通带外的的电视，我们划分网格时进关心端口的划分。

如果器件的特性远超过F_{knee}，在采用高频直到收敛也并无不利之处。然而在实际的问题中（10-40Gb/s），设计的难处在于如何使器件工作在F_{knee}频率之上。

对于那些带宽很宽的扫描来说，需要使用插频扫描。这种扫描基于离散扫描。但它自动采用合适的离散点和曲线拟合。所以它比离散扫描需要的点数更少。插频扫描也可用于多项式近似或有理函数中。因此他也可用于打断扫描。上至F_{knee}频率，多项式近似更准确，高于这个频率，则有理函数求解更精确。插频扫描总是穿过开始和截止频率点的，所以如果你不改变网格必须确保开始和截止频率在扫描频率之中。

九） 高速数字（设计流量）

整个高速数字的讨论都是假定你所输出的结果都是方针到SPICE的。这里的设计流程中有许多设计步骤，而且SPICE并非每个设计步骤都需要的。如果在F_{knee}频率之下出现谐振，失谐或是两种情况都出现，可能是在场仿真之前进行了SPICE仿真。所以仅需要设置 1.5 倍到 2 倍F_{knee}的扫频范围来估计响应。另外射击频率应该高于 1Ghz。

在前几步的设计步骤中，也许会用到快速频率扫描，这样在扫描中我们可以得到每个频率的 S 参数和场。这样我们就可以看到每个 S 参数中任何谐振或失谐的情况。

在打包或查看分析结果时另一个有用的工具是本征模求解。在许多例子中，谐振是由能量和地平面网引发的，这对解决设计问题很有用。在去掉除能量/平面网外的所有东西，本征模求解能很快确定谐振。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术氛围

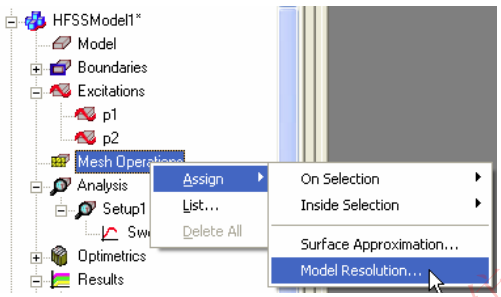
第二节 HFSS10 中网格划分算法的改进之处

一. 网格划分的容错能力

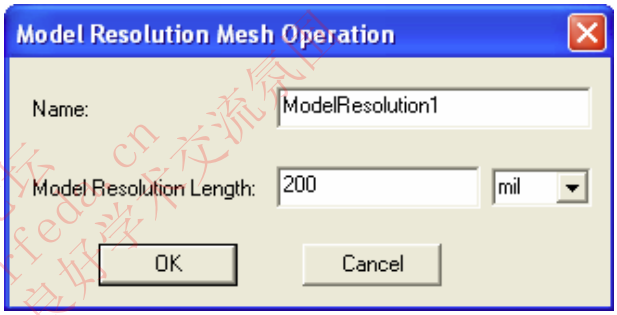
HFSS 再划分三维几何图形中引入了新的特性，即网格划分容错能力。默认情况下网格仍使用传统的网格，只有当传统网格出错的情况下，系统才会调用容错网格。当系统使用容错网格时，你可以在属性文件中看到在网格 3D_init_FT 线。而默认的传统网格划分时，在属性文件中只会出现 3D_init 线。

二. 模型长度解析率（MRL）

模型长度解析率可以看作是一种快速初始化网格的特性。传统网格并不支持这一特性。所以当用户设置 MRL 时，只有容错网格划分功能才会用到。MRL 增强了模型的收敛性。在以前版本的 HFSS 中，基本单元网格四面体会因为数量太多而消耗完内存，而使用 MRL，在保证和以前相同的精确度的前提下，减少了内存的消耗。(如图：F2.2.1)



F2.2.1



三. MRL 默认值

MRL 是网格划分模型时的长度。默认值是 ACIS 划分法划分精度绝对值的 100 倍。ACIS 默认绝对解析率为 1.0 e-6 单位。推荐值为波长的 0.1 至 0.5 倍。你可以从 0.1 开始尝试，然后再试 0.01 到 0.001，看是否改进了网格尺寸。如果用户指定的长度不正错，或者改变了物体的连接，HFSS 会检测到并报告错误（”MRL too large or object_name lost all surface triangles”）。

四. 设置收敛性

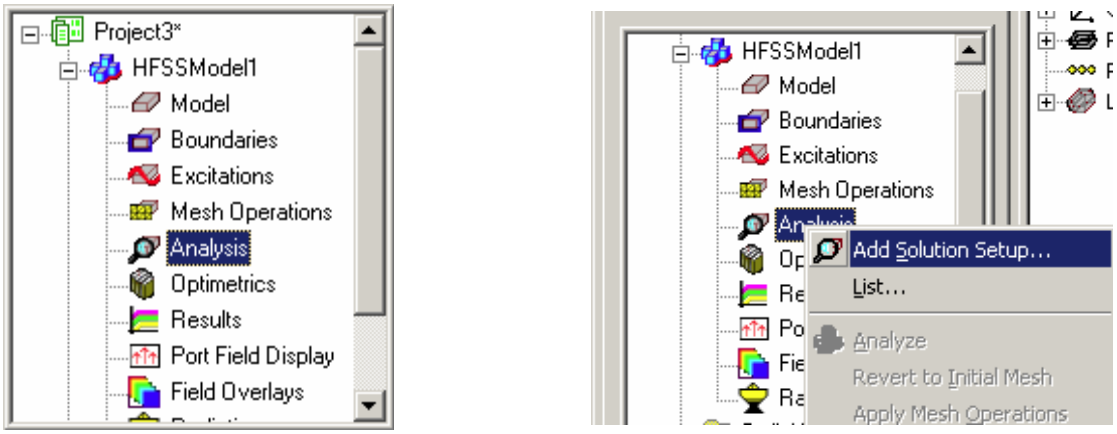
设置 Delta S 通常是为了得到更高的精度。但要记住，计算过程，实验设备，和测量过程之中都存在误差。要求 HFSS 达到一个很高的精度无异于在现实生活中得到一个你不想买的东西一样无意义，用这些时间可以更好的仿真。不过，运用收敛监测功能，加上工程师丰富的经验，就能决定终端自适应网格数，也能知道如何设置 Delta S。总的来说，Delta S 默认值 0.02，或者最低 0.01 已经足够了。

五. 收敛求解——S 矩阵和场

收敛判别标准是基于 S 矩阵的。一般 S 矩阵要比场量先收敛。这就是说在问题求解时用绝对场值计算，要比用 S 矩阵得到相同收敛结果的迭代次数要多。当然这也和你要求解的场量有关。Ansoft HFSS 可以直接求解电场，并可以从电场计算磁场，从磁场计算电流。因此，当改变网格密度时，场量同样收敛。

六. 添加求解设置

未完成求解分析，必须添加求解设置。在 Ansoft HFSS 的模型目录树中右击就可以添加。

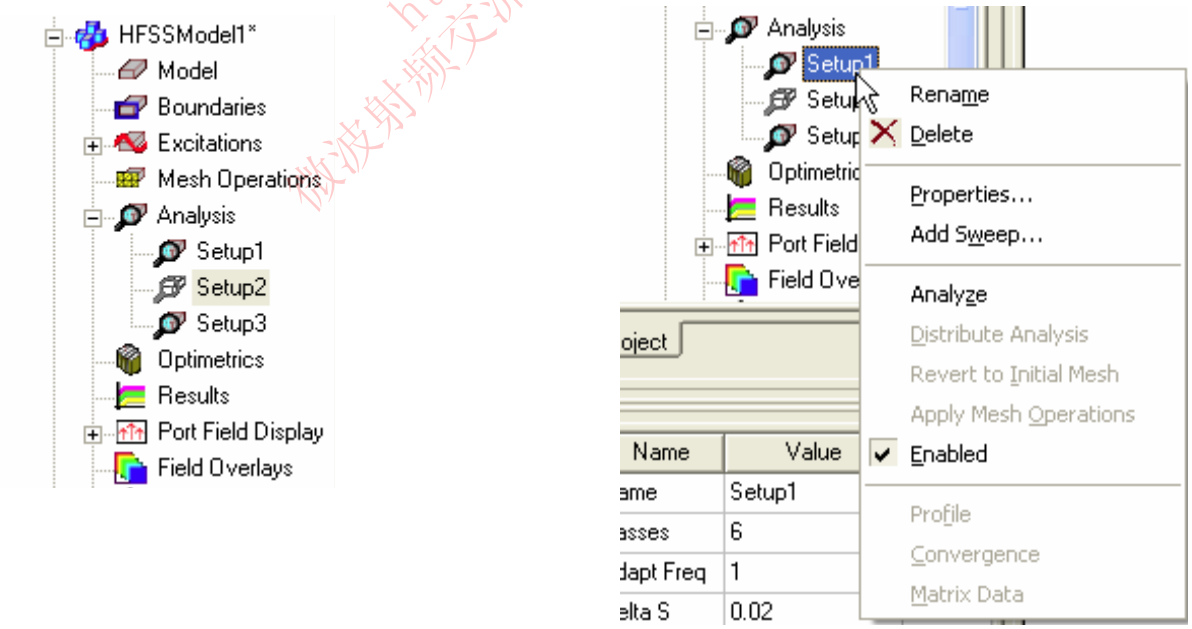


F2.2.2

默认情况下，主窗口将会显示。求解频率和收敛标准就在这里设置。

七. 激活/屏蔽求解设置

默认情况下，新添加的求解设置是激活的。要屏蔽此设置，右键点击 setup，并把 Enable 前面的勾去掉。被屏蔽的求解设置在目录树中显示为灰色。要激活求解设置，可以右键点击 setup，并左键点击 Enable 一次，选上 Enable。(如图：F2.2.3)



F2.2.3

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

八. 求解设置主标签

一） 求解频率

次频率点用于自动网格划分功能中自动优化模型电性能网格。

1. 仅求解端口

端口求解使用任意、自适应二维本证模型求解来决定自然频率，或是模型用于仿真结构的激励。单独求解端口功能可用于定义为端口的二维截面。在全部求解之前，这对决定求解模型数量，模型场，端口长度，和端口设置是否合理很有用。

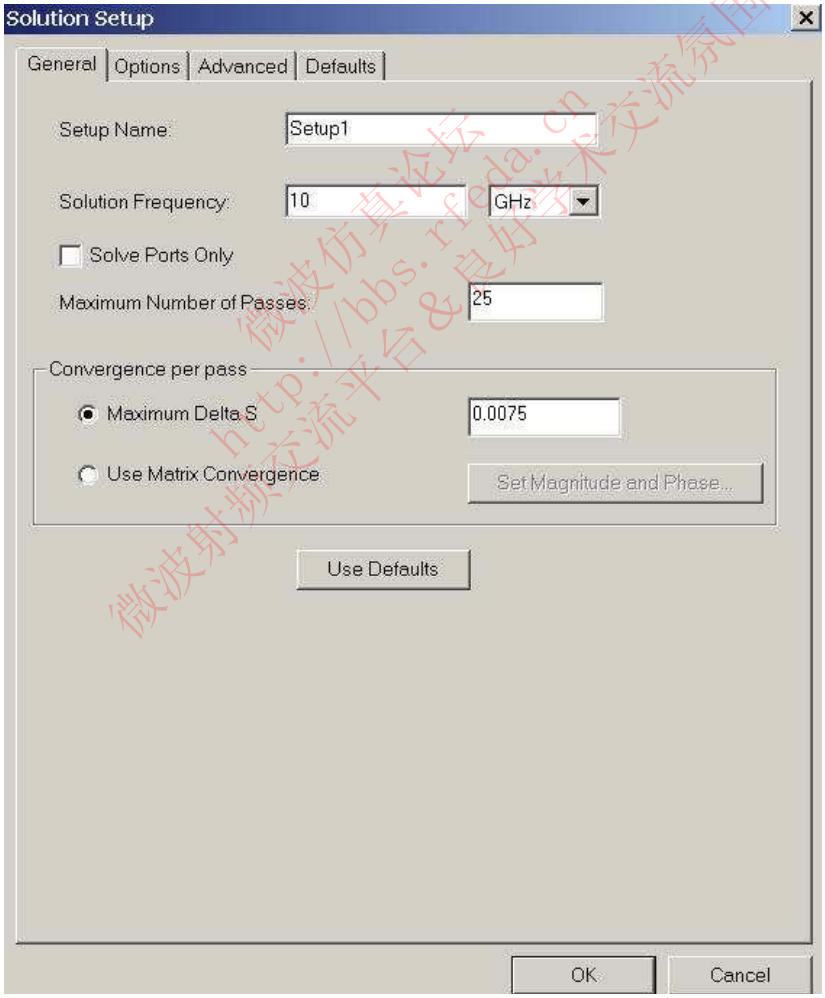
二） 适应性求解

1. 最大迭代步数

这个数决定了自适应网格划分过程中尝试满足收敛标准的迭代次数。

2. 最大 Delta S 步进数

这个数决定了自适应网格划分中的收敛标准。(如图：F2.2.4)



F2.2.4

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

九. 选项标签

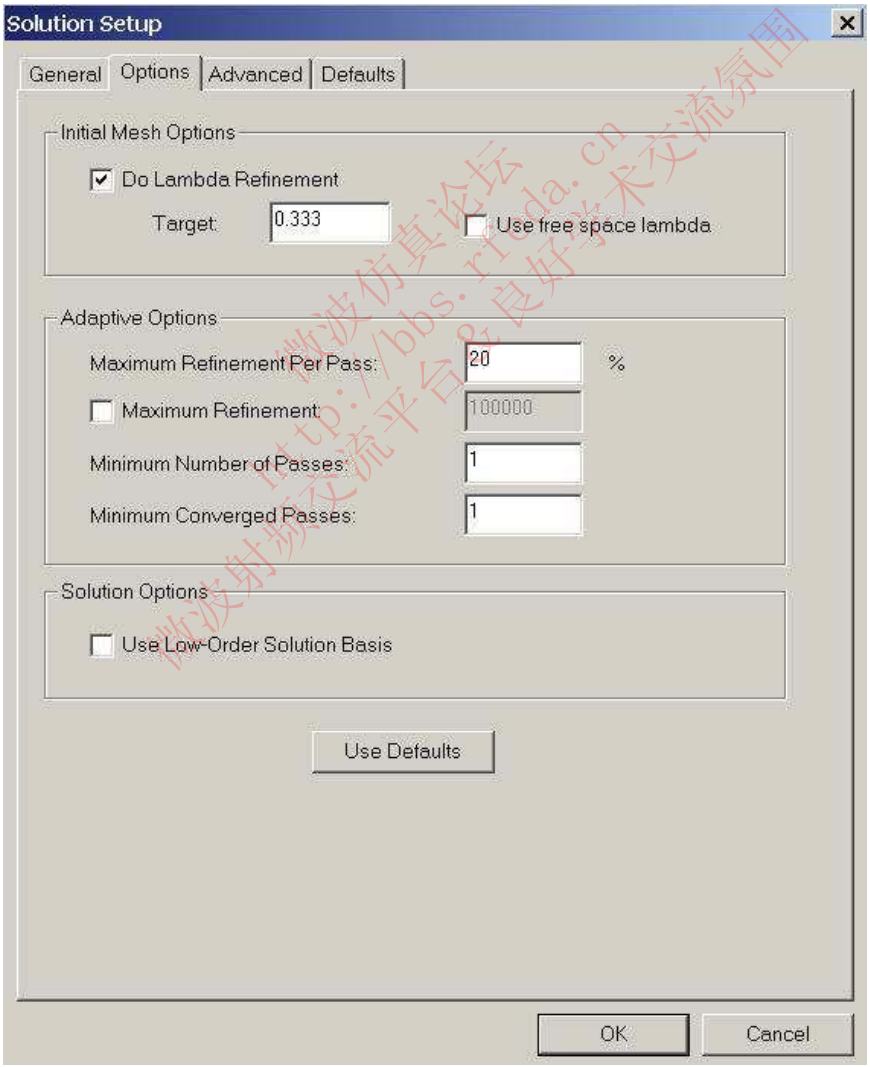
一） 初始化网格选项

1. Lambda 精度

初始化网格仅基于三维固态模型，它与仿真模型的电性能无关。Lambda 精度改进的过程提高了初始化网格的精度，这一过程直到单元网格长度与空气中四分之一波长相近，或电介质中三分之一波长相近为止。波长与 Solution Frequency 中设置的单一频率值有关。几乎所有 Lambda 改进过程中都会用到。

2. 使用自由空间 Lambda

此设置会使 Lambda 改进值接近空气中波长的四分之一，而物体材料属性设置将会忽略。这以功能可以用在电导率非常大的电介质中。脑组织和盐水这两种材料就会产生大量网格，即使射频穿透材料，也仅限于这些区域的表面。(如图：F2.2.5)



F2.2.5

二） 适应性选项

1. 每步迭代精度

每步迭代精度决定了每步自适应迭代的网格生长。每部迭代精度用百分数表示。这可以确保每步迭代的过程中不会得到错误的收敛。

2. 迭代最小值

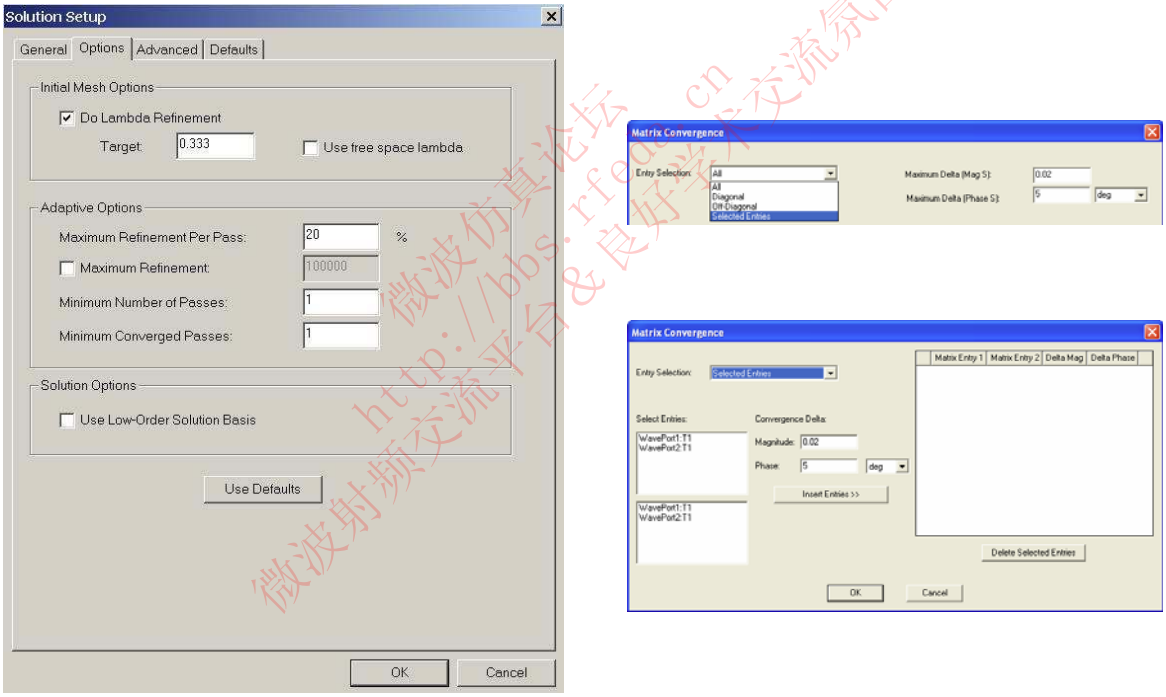
在达到设值的迭代最小值之前，即使符合收敛标准，适应性分析不会停止。

3. 最小收敛迭代数

在达到设值的迭代最小值之前，适应性分析不会停止。此最小值必须保证在适应性分析停止前达到收敛标准。

4. 使用矩阵收敛法

你可以对指定的整个 S 矩阵设定不同的截止标准。使用此功能要选上 Use Matrix Convergence 方框。适应性分析会在达到指定标准或迭代次数前继续分析。(如图：F2.2.6)



F2.2.6

三） 使用低阶求解基础

低阶求解基础功能简化二阶基础功能近似为一个线性基础功能。在边到边的四面体间电有关量很小的时候仿真很有用。在这种情况下，此功能会减少很多未知因素。为使假设有效，模型中四面体边长需为波长的 1/20.在 V10 以前的版本中，此变量在系统变量中称为 ZERO_ORDER。

应用场合：片上螺旋感应器，电容，变压器等；包分析——Flip-Chip, BGA 等

四） 端口适应选项

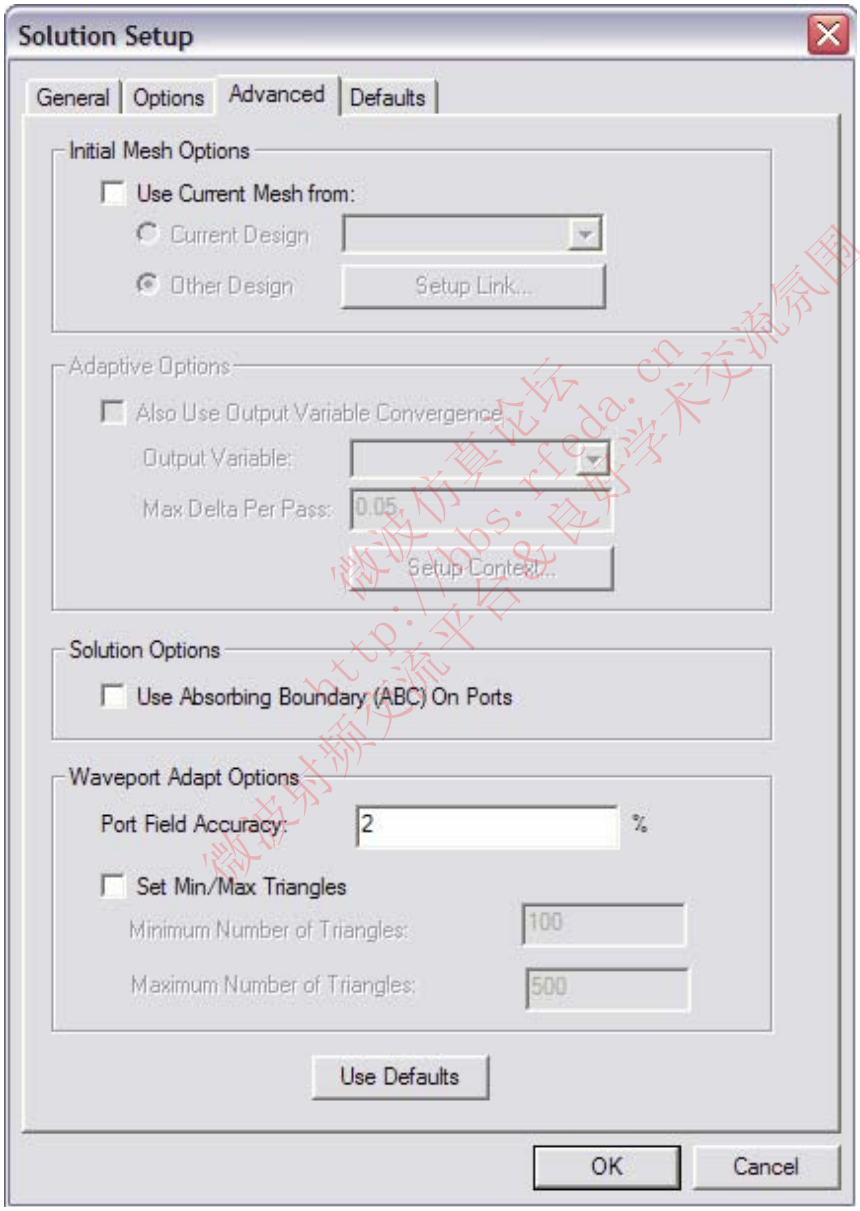
1. 端口场精确度

通常默认的 Port Field Accuracy 的值是合适的。你可以通过以下方法提高端口的准确度：

你也许关心端口的阻抗。端口阻抗也是端口求解的一部分。

你也许需要更低的噪声门限——通常在-70dB 范围，来捕获 S 参数。

提高端口网格精确度的同时会提高整个结构的网格精度。发生这种情况通常是因为在计算全三维求解时，边界条件设定为了端口场求解。因此，指定过于精细的端口场，会导致过于复杂，且不必要的网格单元。(如图：F2.2.7)



F2.2.7

五） 设置最大/最小三角形

每个模型端口的网口会不断自适应优化，知道符合设定三角形的最小数量。然后会继续精细化，直到端口场精确度符合设定的最大数量三角形。

要设置最大，最小数量三角形，需要反选 Automatically Set Min/Max Triangles 操作。

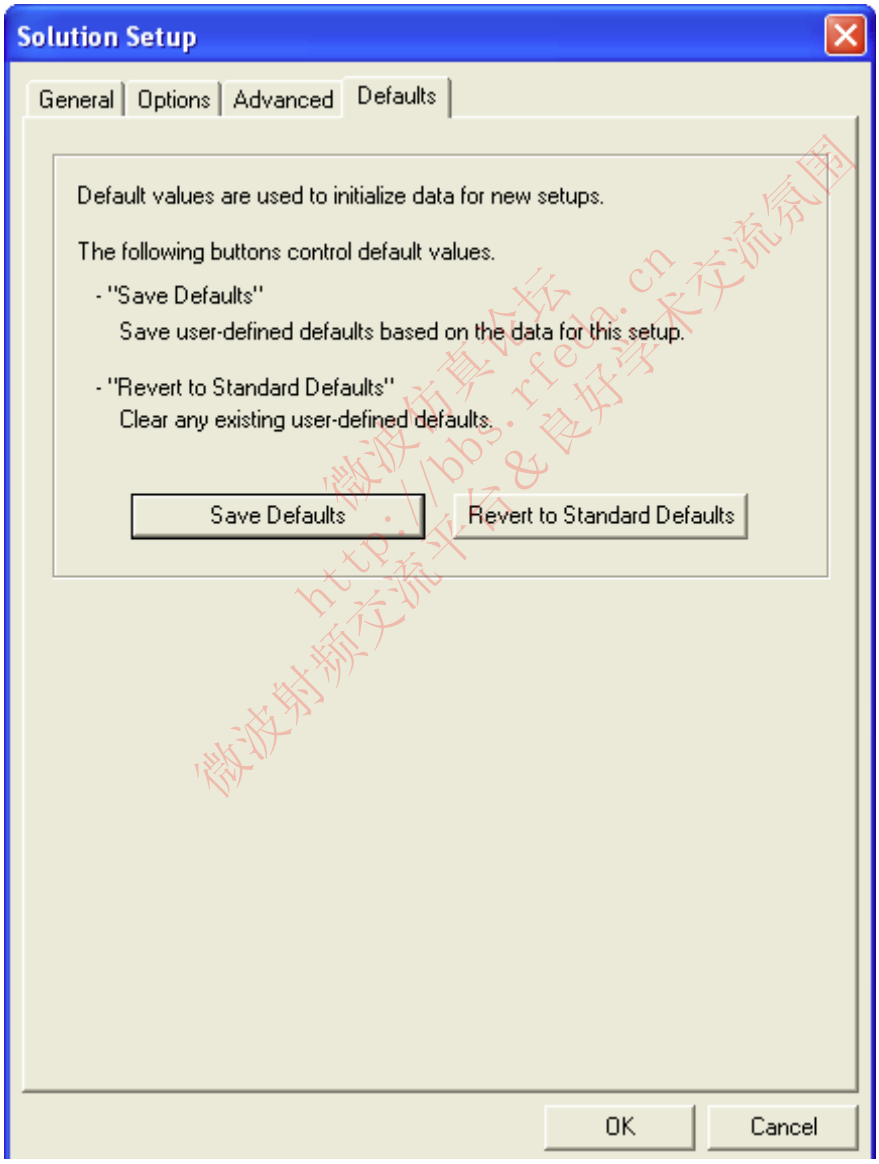
在 Minimum Number of Triangles 中输入数值。集总裂缝端口模型的默认值是 25，波端口模型的默认值是 90.

在 Maximum Number of Triangles 中输入数值。默认值是 400.

如果选择 Automatically Set Min/Max Triangles，HFSS 会自动基于端口设置选择一个合理的最大最小值。

六） 默认标签

默认标签可以把当前设置保存为默认设置，也可以恢复当前设置为标准设置。(如图 F2.2.8)



F2.2.8

第三节 频率扫描

如果没有自适应迭代的要求，系统会使用收敛网格或初始化网格，并可以获得器件的扫描频率响应。Ansoft HFSS 允许下列几种计算频率响应的算法：

一. 离散算法

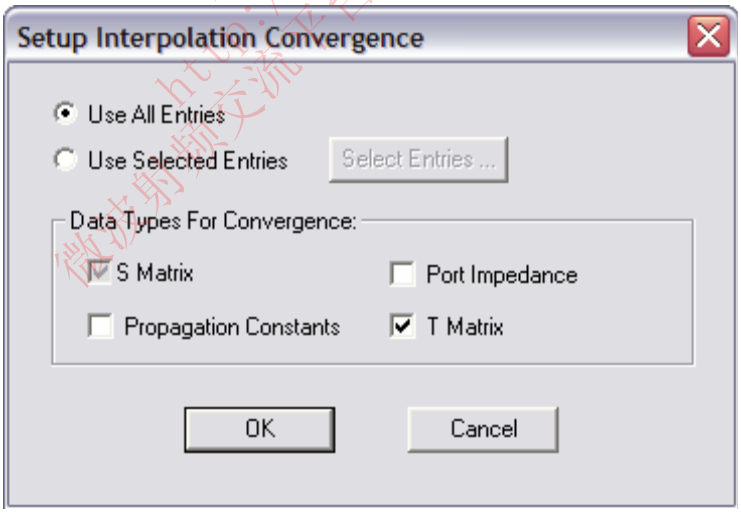
使用当前网格计算所有求解。所需时间是每个频率的单个求解时间。如果选择了 Save Fields，可以查看扫描频率范围内的任何频率的场。

二. 快速扫描算法

使用 ALPS 算法是用中心频率的求解信息推测出整个带宽的求解结果的。这对 Q 值很高的器件很有效，但不能计算那些通过截止频率的器件。通带中的可以推断出来，但很高频率的点就不能正确推测。此外，扫频繁范围中任何频率点的场都可以查看。快速频率扫描需要的时间和内存远大于单个频率点扫描。

三. 插值扫描算法

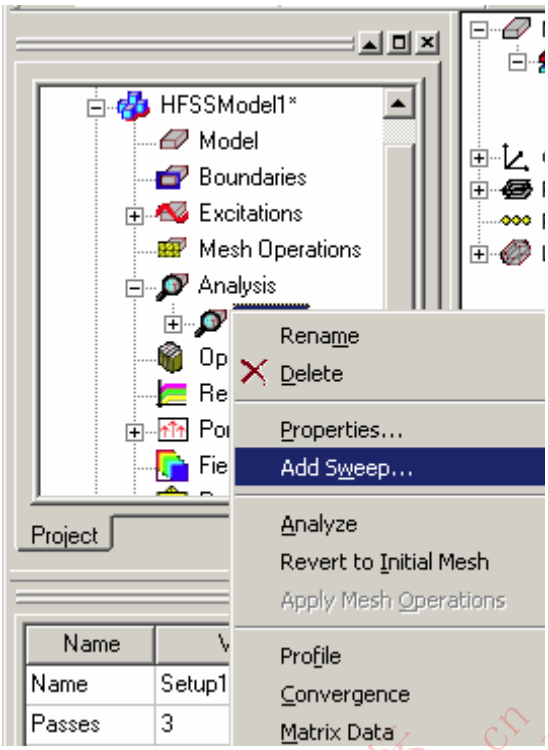
此算法适合计算离散频率点。Ansoft HFSS 使通过插值算法连续迭代中的错误来决定频率点的。插值错误和最大点数是由用户 Edit Sweep 中设置的。和快速扫描相结合，插值扫描可以产生大量的频率点。但你仅需要最后求解得的频率。最大求解时间是单个频率点求解时间的最大频率点数倍。（如图：F2.3.1）



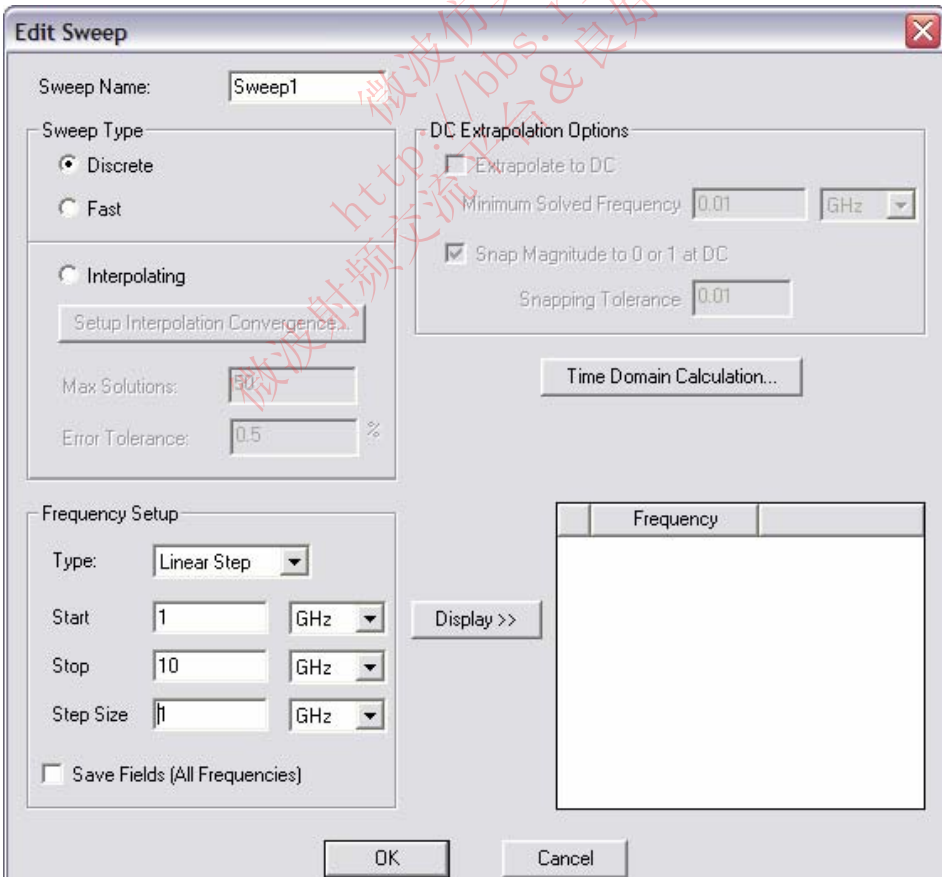
F2.3.1

四. 添加扫描

在添加求解设置之后，你可以添加频率扫描。要添加频率扫描，在 HFSS 模型树中右键点击 Setup，将会出现 Edit Sweep 窗口.(如图：F2.3.2 和图 F2.3.3)



F2.3.2

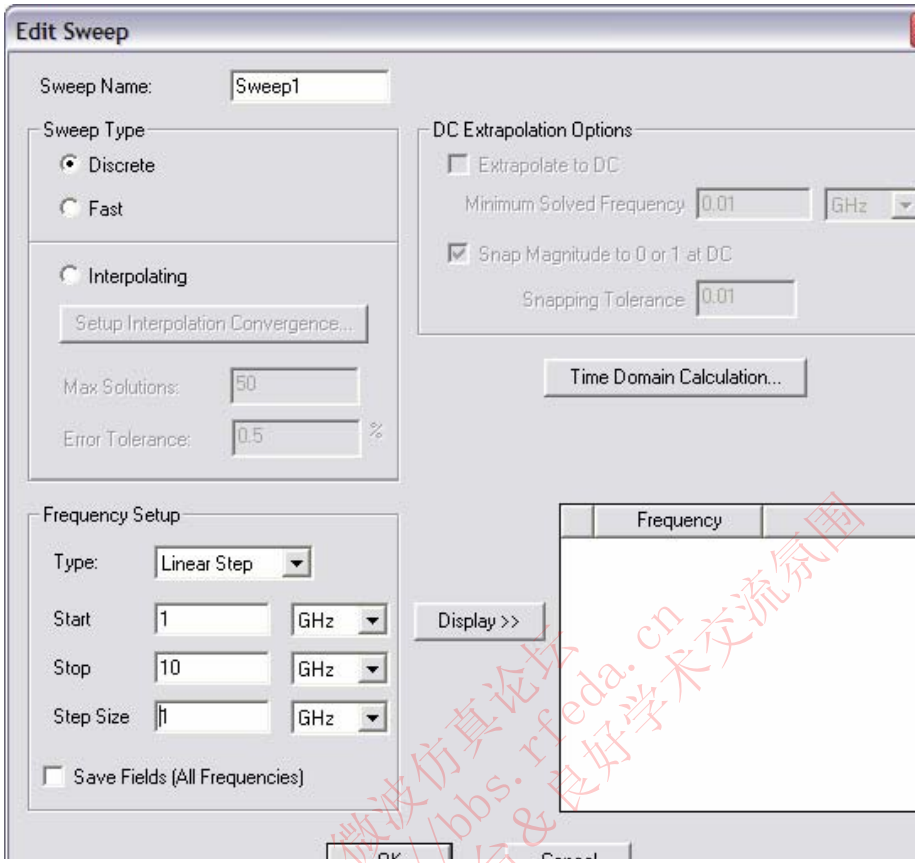


F2.3.3

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

五. 频率设置

选择扫描类型之后，必须指定扫描频率。(如图：F2.3.4)



F2.3.4

有以下三种频率设置方式：

线性步进——指定一个常量为线性变化步进值

线性点数——指定扫描范围线性变化的点数

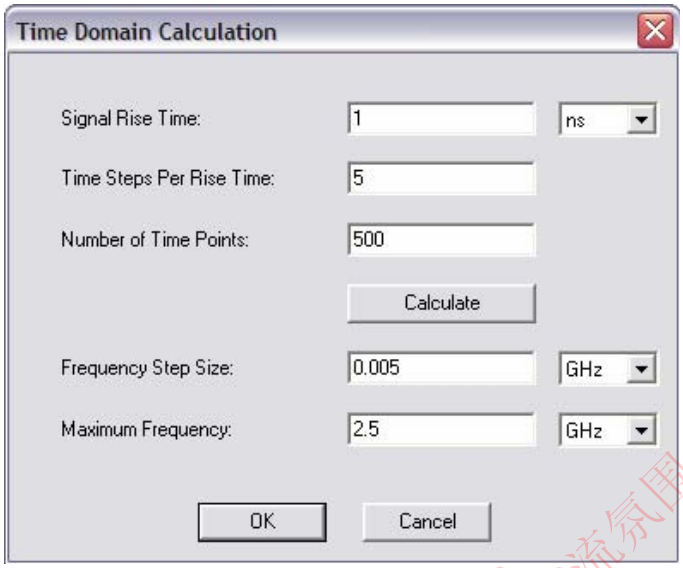
单一频点——指定单一频点进行扫描

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

六. 保存场

Ansoft HFSS 能计算所需的最大频率以获得精确的时域结果。HFSS 使用以下公式计算：

Max. Freq. = (0.5/Signal Rise Time) * Time Steps Per Rise Time（操作如图：F2.3.5）



F2.3.5

七. 在快速或插值扫描中添加频率点

在快速或插值扫描计算完成后，可以在 Edit Sweep 添加新的频率点。点击 Analyze 并不会重新计算整个频率范围，仅会计算新增频率点。

八. 增加插值扫描求解

如果插值扫描在设定的迭代次数下不收敛，或是希望改变目标收敛，可以改变设定值并重新求解。插值扫描求解将会重新计算最后两个末端频率，并使用以前计算的结果来接近目标收敛。

九. 端口扫描和频率扫描

端口扫描中可以使用离散或插值扫描。

十. 快速频率扫描端口求解

快速频率扫描并不能用于端口穿越截止的情况。如果扫描频率接近截止频率，你可能同样经历过这样的问题。

十一. 联合多频率扫描

对于频带非常宽的情况，可以把通带打断成几个小的频率范围扫描，这样可以增加结果的正确性。因为快速频率扫描是从中心频率推算出的，末端错误曲线将会阻止扫描的校准。而插值扫描就不会出现这样的问题，因为迭代包括末端频率（假设使用同样的网格）。

十二. 改进和新增特性

一）网格复用

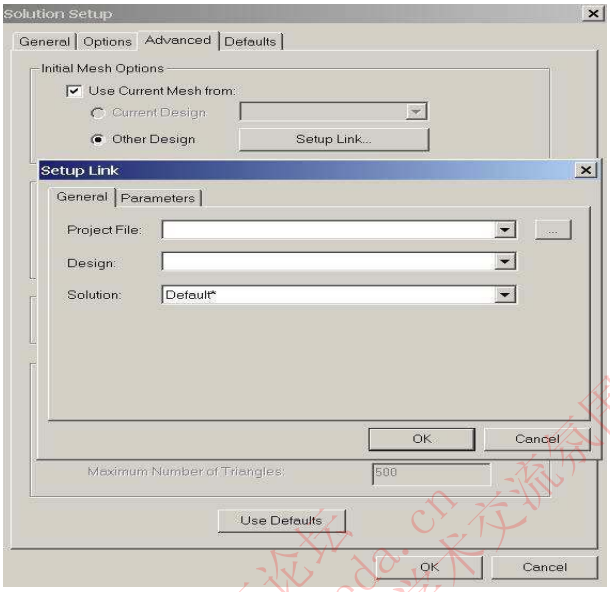
复制几何图形网格——在优化分析设置中你可以要求 HFSS 复制曾计算过的一个扫描变量

的网格，重复使用在一个集合相等价的扫描变量上。

初始化网格操作：（如图：F2.3.6）

1.在当前设计中使用网格——激活 use of a mesh from a previous setup 选项。

2.使用其他工程中的网格——激活 use of a mesh from another model that has the same geometry 选项。



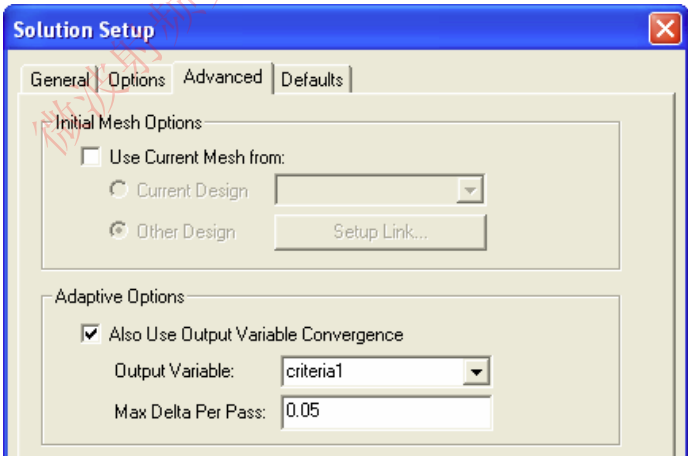
F2.3.6

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 顺交流平台&良好学术交流氛围

二）矩阵收敛选项

允许定义其他收敛标准。

输出变量收敛——允许创建一个输出变量，用于收敛标准中。要使用此功能，需要创建输出变量表达式，之后这个区域便可以操作了。(如图：F2.3.7)



F2.3.7

第三章 Ansoft HFSS 数据处理

回顾

Ansoft HFSS 拥有强大且多样灵活的数据处理功能和曲线描绘功能。一旦掌握这些功能，有助于简化整个求解过程和问题处理方法。

本章将讨论以下问题：

- **数据管理**
- **2D 曲线描绘**
- **3D 曲线描绘**
- **天线特性**
- **场描绘**

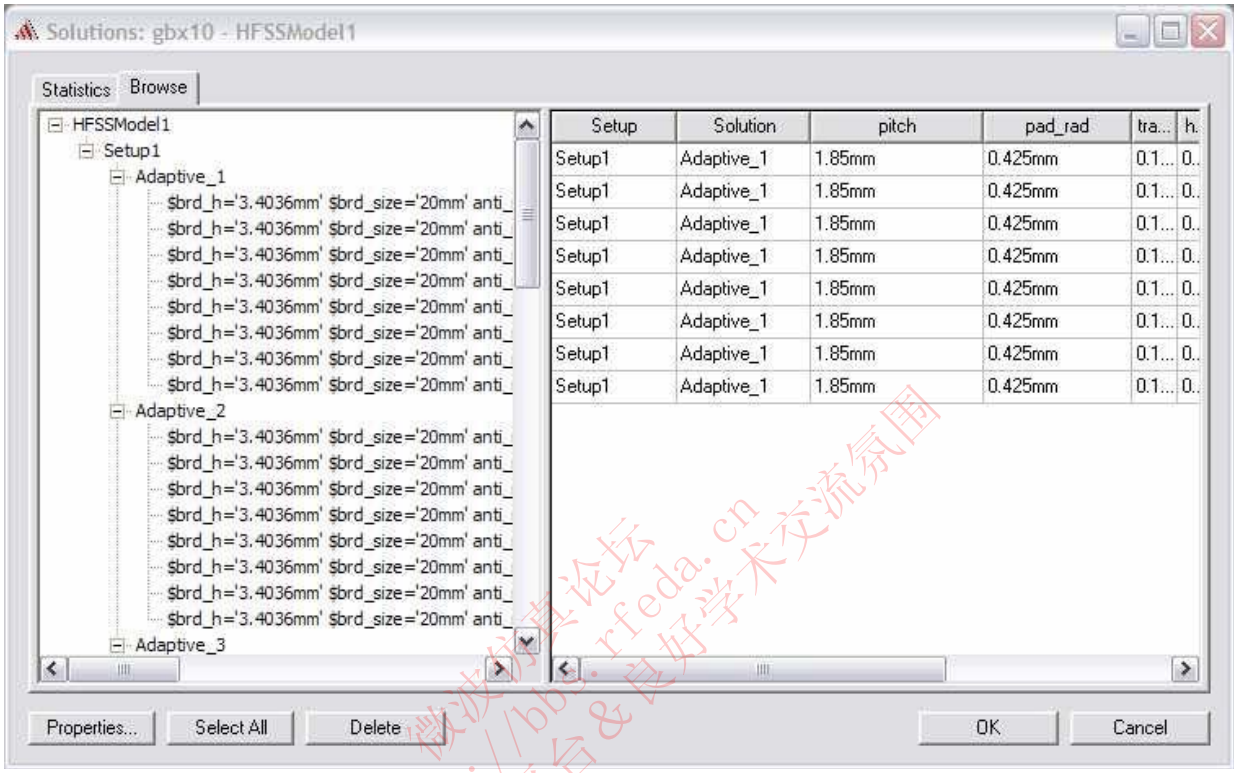
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第一节 数据管理

一、对于每次求解的模型变化，新的数据输入都存放在工程结果目录下。这个功能为用户提供了在不需要优化许可的条件下进行模型参数扫描的功能。

注意：对其它优化函数进行自动参数扫描，如参数优化，敏感性分析和统计分析，都需要优化许可。

要查看这些数据，可以从 ***HFSS > Results > Browse Solutions*** 中查看。



F 3.1.1

通过观察表中数据，用户可以得知求解了哪些设置的参数，以及经历了多少步必要的迭代次数。

在 HFSS 新界面中同样可以完成后处理步骤。先前版本的矩阵数据模块中前面执行的普通操作是：

端口阻抗再归一化；

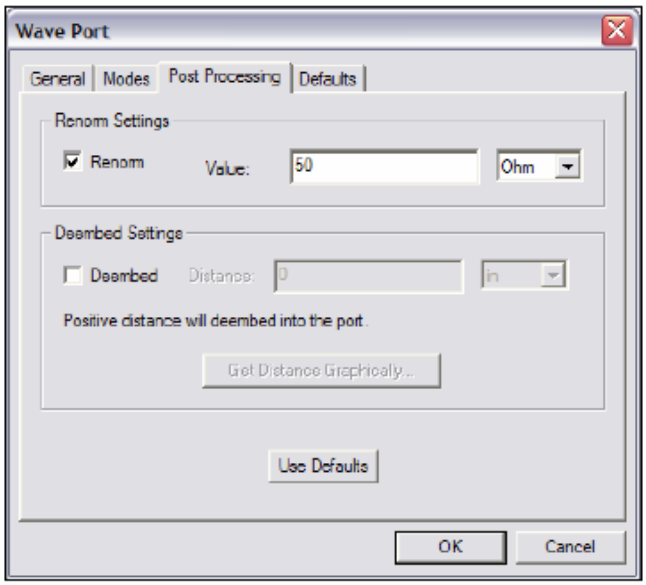
端口去嵌入化；

微分对分析。

通常需要在HFSS v9.0 中被默认计算的矩阵数据模块的其它后处理操作是**Y矩阵**和**Z矩阵**。同时，考虑到在求解过程之初定义的求解类型（**Solution Type**），否定由模态s参数计算终端s参数的必要性。

一）端口阻抗再归一化

在新的用户界面中，很多计算都是软件动进行的，无需用户干预。端口设置向导设置可帮助用户设置波端口的再归一化阻抗。通过对以前求解过的端口的属性进行简单编辑，可得到新的端口设置。



F 3.1.2

二）端口去嵌入化

通过简单的设置可以改变端口的去嵌入化距离，只要有必要，用户无数次撤消和编辑该参数值。每次点击 OK 钮，如果新的数据和曲线存在的话，将被更新为新的去嵌入化数据。

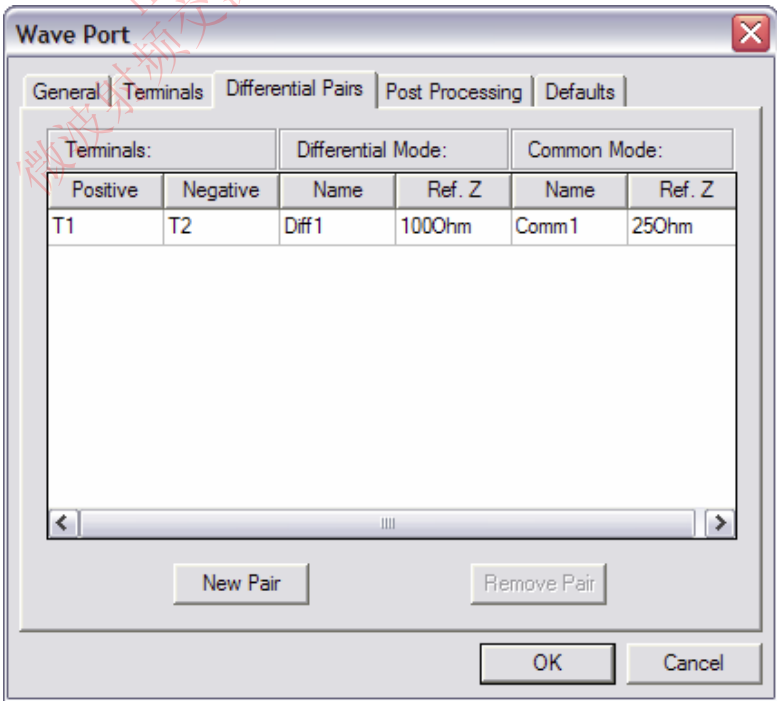
去嵌入化的有用价值会使参考面移动到时模型里。

三）微分对分析

对于多终端的每个端口，微分对的创建是为了看微分的 S 参量而不是单端 S 参量。这有助于研究对于一个给定的结构，差模和共模之间可能的转化。

在波端口设置对话框，Differential Pairs 标签中，可以从单独的 Terminals 中控制微分对的创建。

1. 要添加微分对，选择 **New Pair**，并在显示的 positive 或 negative 端选择终端线；
2. 在这里同样可以改变每个对中的差模阻抗和共模阻抗。



F 3.1.3

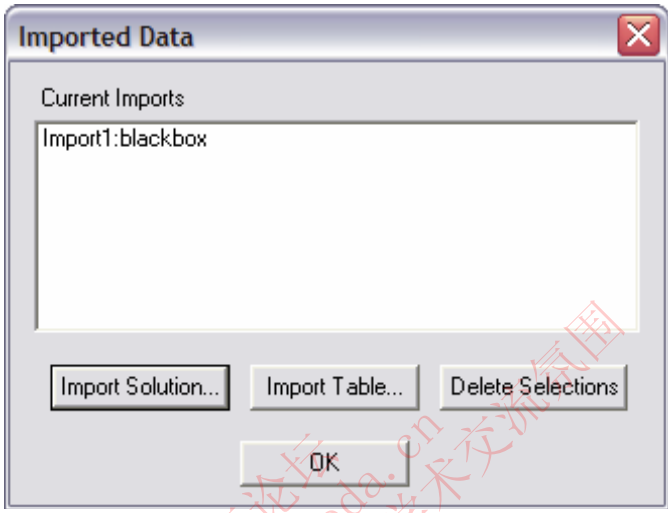
二、从外部导入求解结果

我们经常需要比较不同的仿真结果，或是比较 HFSS、电路、曲面或是尺寸等。在 HFSS9.0 桌面环境下，可以轻易的完成这一功能。

一）导入求解结果到 hfss 桌面

注意：要导入求解结果要求模型至少存在一个端口。

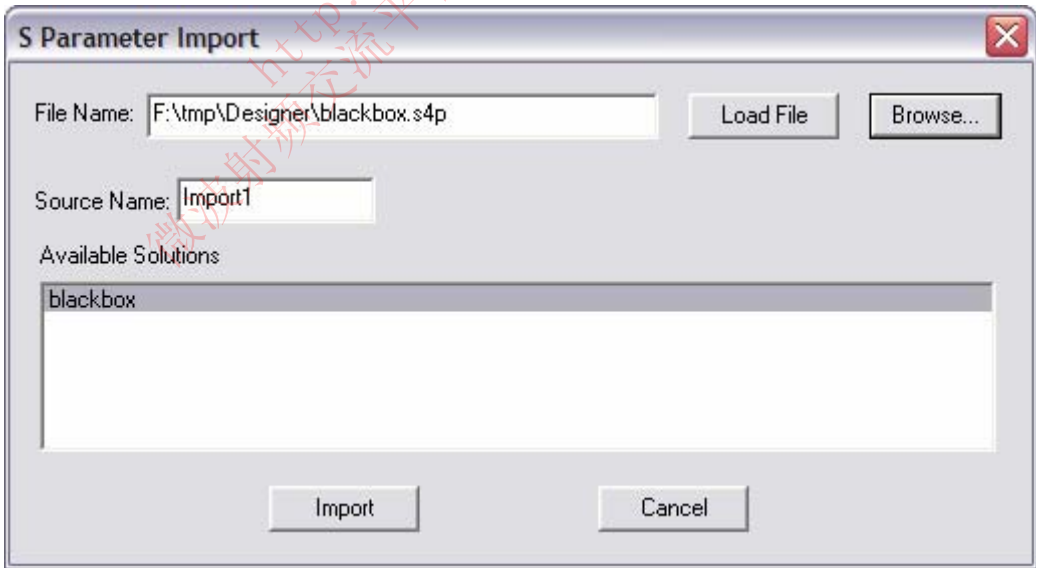
1. 选择 **HFSS > Results > Import Solutions**，将会看到以下对话框：



F 3.1.4

导入操作分导入求解结果和导入求解表.结果以标准形式描述 S 参数矩阵，例如 Touchstone 和.szg 文件形式的 Ansoft 的扩展格式。

2. 选择 Import Solution 可以看到以下对话框：



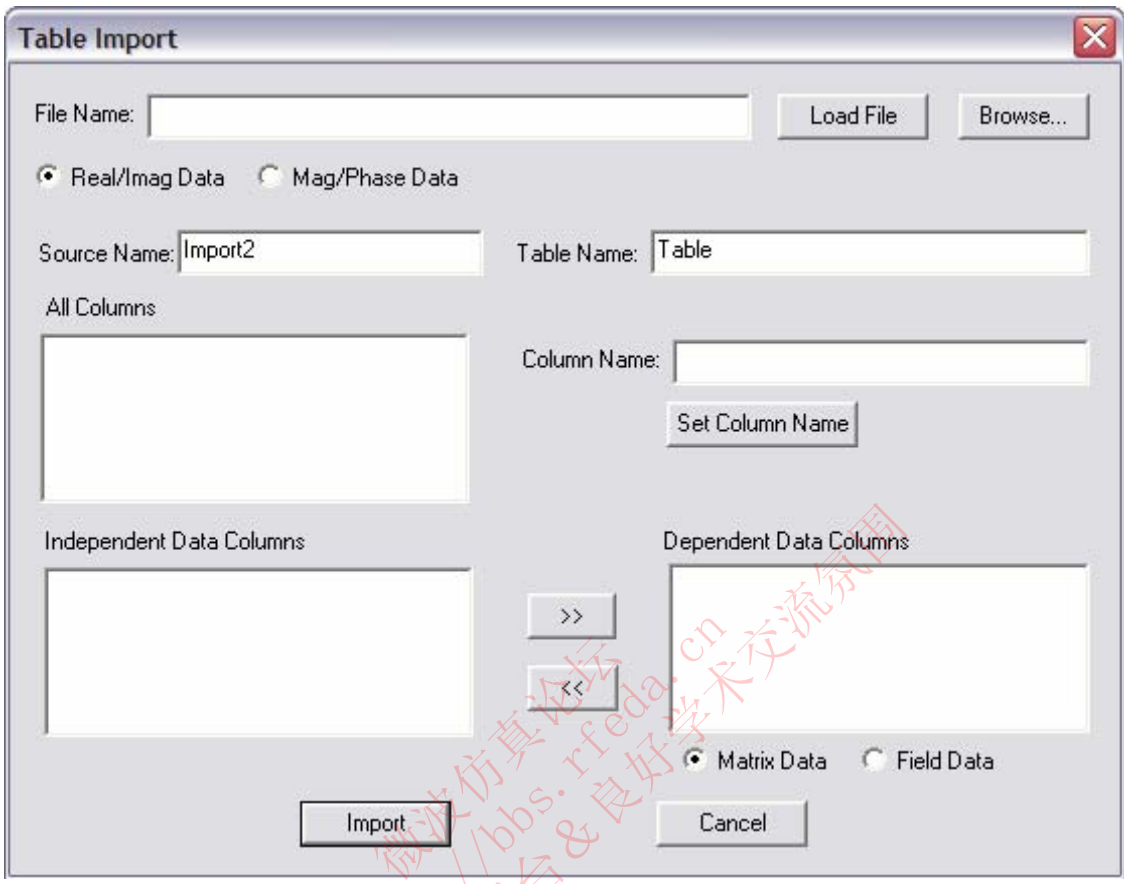
F 3.1.5

3. 在这个窗口，点击 **Browse** 选择需要导入的文件，HFSS 支持的格式有：.sNp, .szg, .flp, .yNp, .zNp, and .tou。

4. 点击 **Open** 读取文件。
5. 点击 **Import**，导入数据到 HFSS 桌面下。
6. 点击 **OK** 完成输入.

所有求解结果都可以在 **Sweep** 类的报告编辑器中找到。（下面将详细论述）

如果导入的是表，将会看到以下对话框：



F 3.1.6

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第二节 结果曲线描绘

一、结果曲线描绘功能可以提供多种格式。最常用的格式是二维直角坐标系（迪卡尔坐标系）曲线。HFSS 还提供了三维曲线描绘功能。以下是软件能描绘的所有曲线类型。对于下列工程量的定义，请查阅在线帮助。

本征模求解

- 本征模参数（模式）

激励模型求解

- S 参数
- Y 参数
- Z 参数
- VSWR 驻波比
- γ（Gamma，复传播常数）
- 端口阻抗 Zo

激励终端求解

- S 参数
- Y 参数
- Z 参数
- VSWR 驻波比
- 功率（端口功率）
- 电压传输矩阵（T）
- 终端阻抗 Z0

场求解

- 电场
- 磁场
- 体电流
- 面电流
- 复电场
- 复磁场
- 复体电流
- 复面电流
- 本征吸收率（Local_SAR(Specific Absorption Rate)）
- 平均吸收率（Average SAR）

注意：对于所有的场曲线，在创建前必须选择好聚合线或表面。

曲线类型：

- 直角坐标曲线
- 极坐标曲线
- 三维直角坐标系曲线
- 三维极坐标曲线
- 史密斯圆图
- 数据表
- 辐射模式

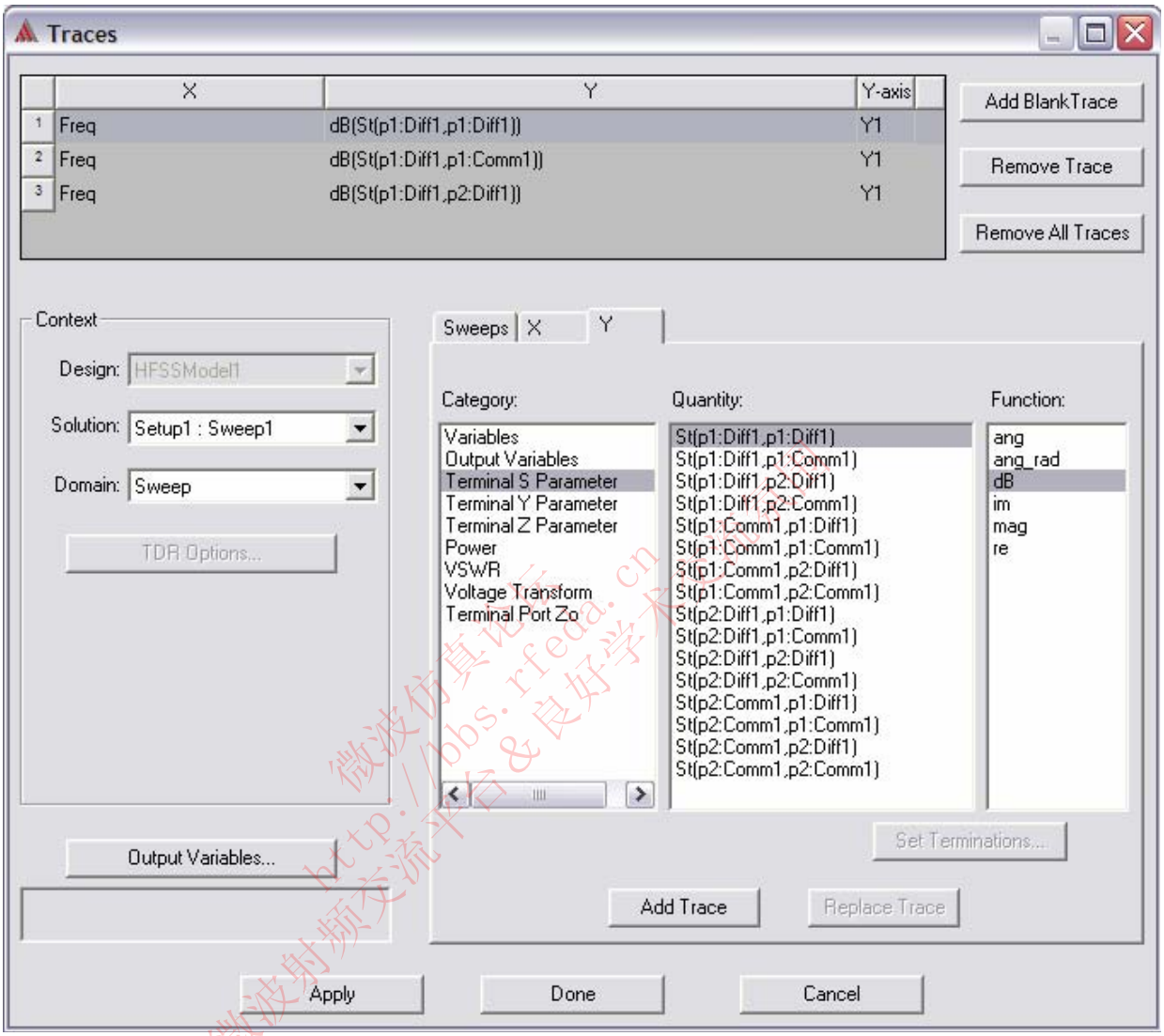
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二、创建曲线：

a) 选择 HFSS > Results > Create Report

b) 从中选择报告类型和显示类型

c) 点击 OK，曲线就会显示出来了-在下面的图中可以看到以上操作。



F 3.2.1

d) **文本**

设计--在工程中选取有效的设计

扫描--选择有效的扫描，包括自适应迭代和输入的数据

范围--默认的扫频范围。但可以转换到时域来描绘冲击响应和阶跃响应的 S 参数。

e) **扫描 X/Y 标签**

扫描—控制曲线自变量的源。

注意：系统默认报告编辑器是选择 **Use Current Design and Project variable value**（使用当前设计和工程变量值）。通常这会选择主要的扫描频率，和工程变量的当前仿真值。

要在一张曲线图上显示多条变量曲线，需要在 Sweep Design and Project variable value 中设置。如果需要你可以把主扫描从频率改为变量。这对观察 S21 与抽头长度的关系非常有用。比如，可以选中 **primary sweep** 旁 **Name** 列的值，改成任何你需要的值。

你同样可以不选择 **ALL Point**，而选择你想描绘的变量。

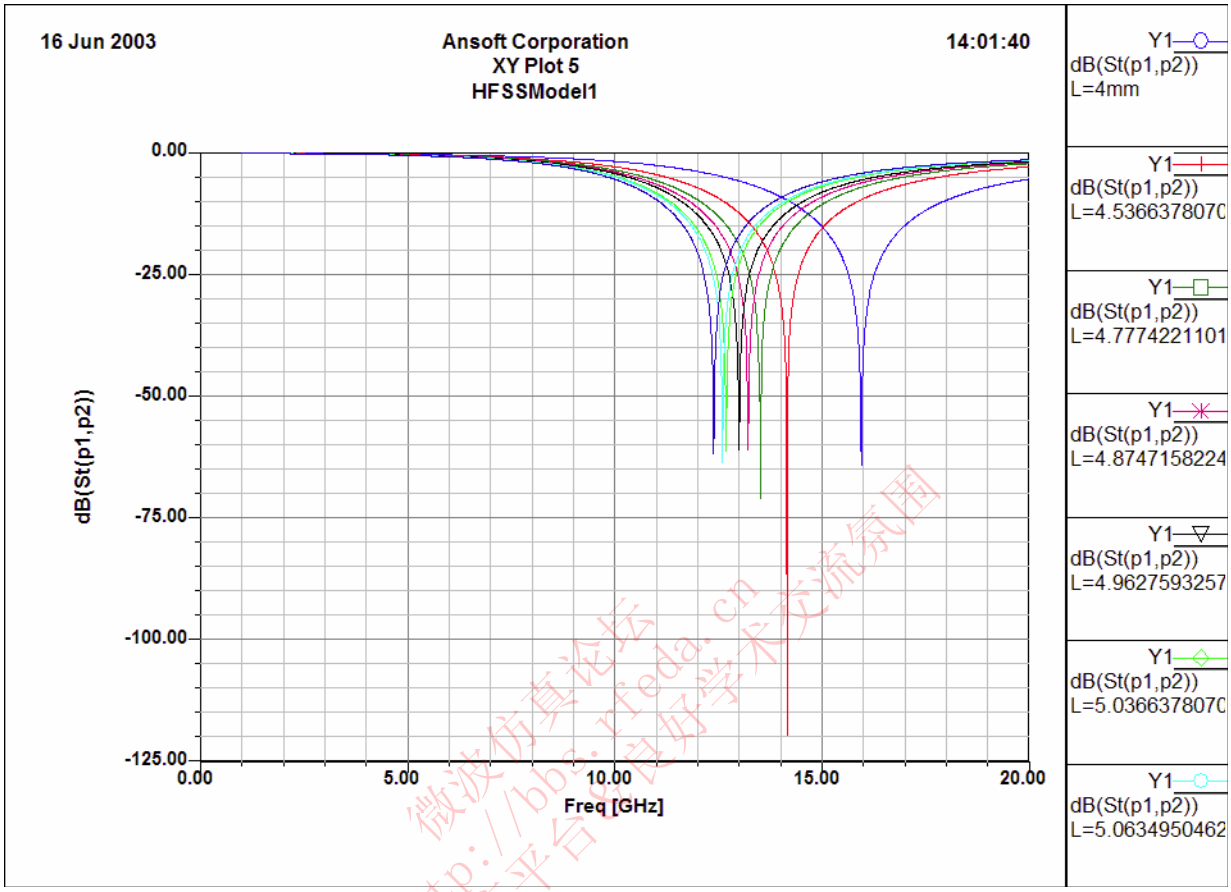
X-控制与自变量有关的任何函数操作

Y-选择要画的值和它的任何操作结果

f) 选择 **Add Trace** 来添加你想要显示的曲线

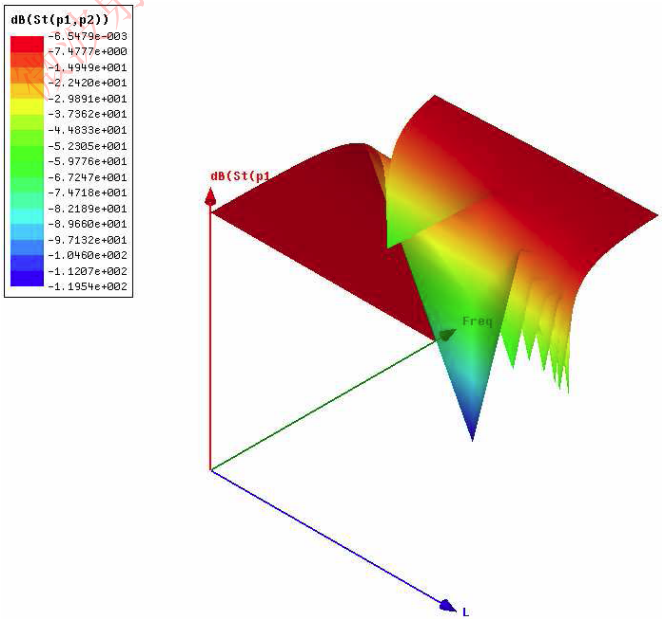
g) 点击 **Done** 结束设置。

下面是一个上述多扫描曲线的例子。



F 3.2.2

三维曲线—简单地添加一个第三维来代替一族曲线。你可以用一个有两个自变量的三维曲面来表示数据的变化。以下是上面族曲线的三维图形：

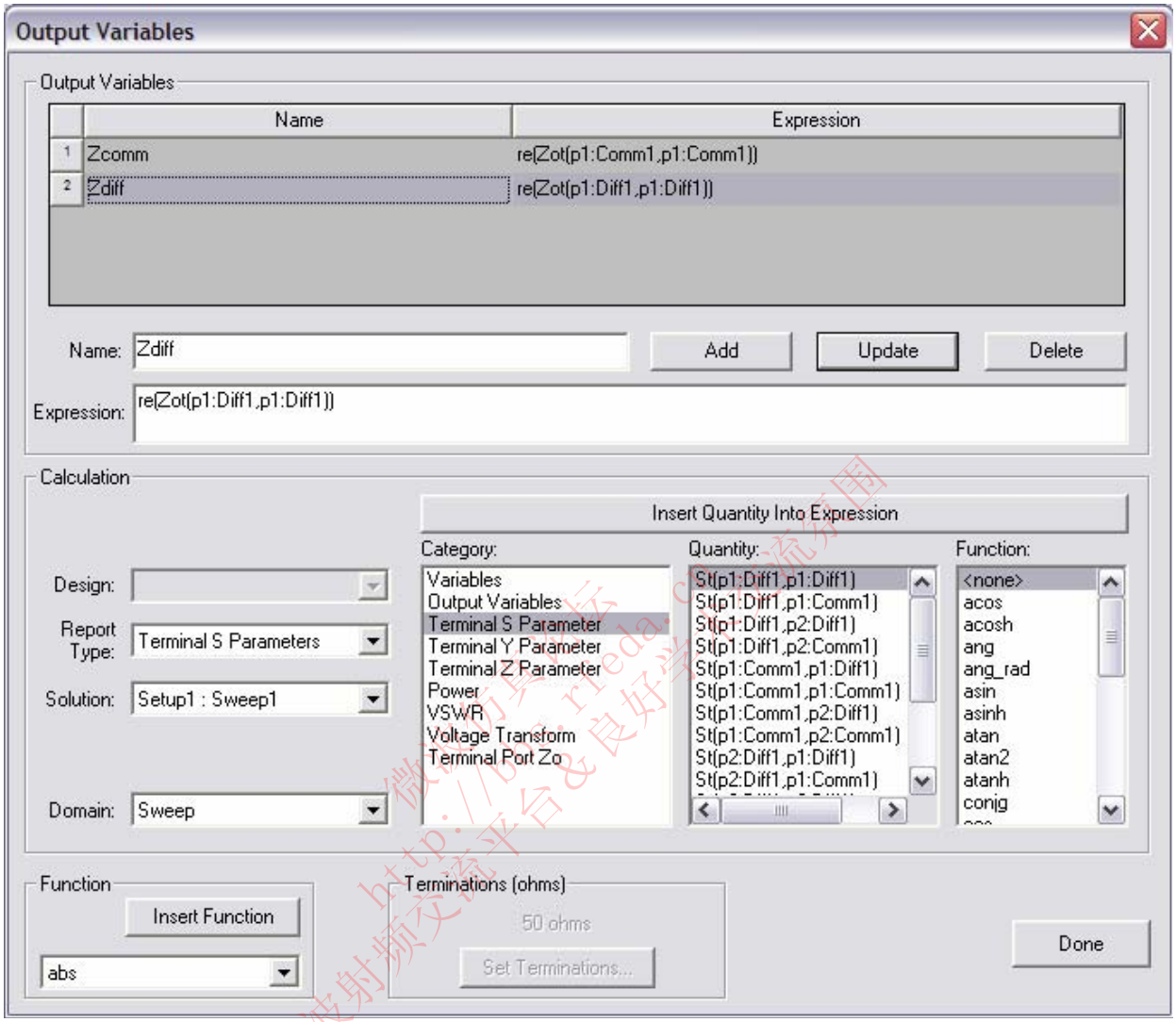


F 3.2.3

三、输出变量

HFSS 除了可以描绘内建求解量外，用户也可以自己创建输出变量。

在前面所示的 Traces 对话框中，点击 Output Variables 按钮，可以看见以下对话框：



F 3.2.4

创建输出变量

在 **Name** 方框中输入变量名；

在 **Expression** 方框中创建一个等式；

点击 **Add**。

在上面的例子中，我们创建了一个近似表示螺旋电感大小的输出变量表达式。我们同样也可以创建一个计算 Q 值的表达式。

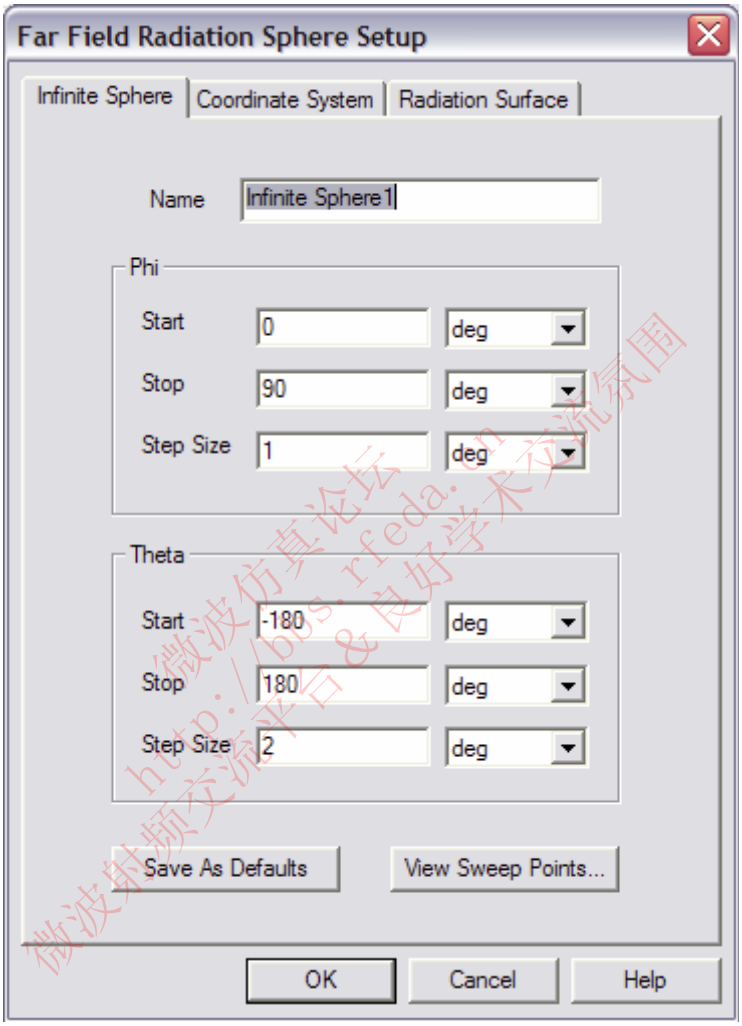
注意：这些变量同样可以用于参数优化中。

第三节 数据描绘-特殊例子-天线参数

一. 要显示天线参数需要两步，因为天线参数需要特殊计算设置，来决定哪些区域的场是要计算的。

一）创建无限球面的设置：

a) 选择 ***HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere***



F 3.3.1

b) 输入 **Theta** 和 **Phi** 的值和步长

c) 你同样可以改变坐标系来在移动和旋转后的坐标系中进行计算。选择 **Coordinate System** 标签，然后转换到一个新的坐标系。

d) 你同样可以改变计算远场的辐射表面，通过改变 **Radiation Surface** 标签，并从之前定义的表面中任选一个新的表面来实现。

e) 点击 **OK**。

二. 创建二维曲线

a) 选择 ***HFSS > Results > Create Report***

b) 从 **Report Typ** 下拉菜单中选择 **Far Field**

c) 从 **Display Type** 下拉菜单中选择 **Radiation Pattern**

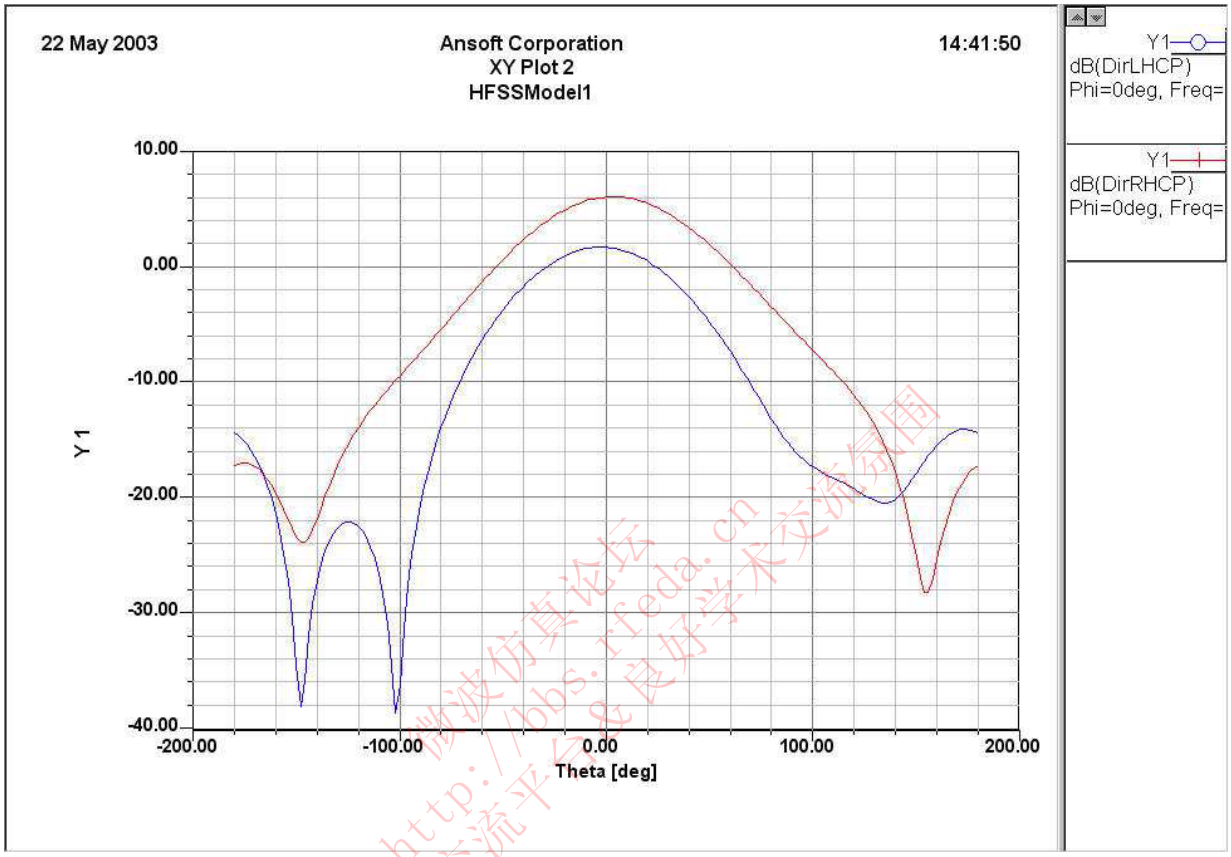
d) 从 **Traces** 对话框中选择想要描绘的量

注意：如果存在多重无限球面设置，要确保你选择的是适当的。

e) 选择 **Add Trace** 然后点击 **Done**

关于更多天线参数的定义请查阅在线帮助。

下面是一个贴片天线的左旋圆极化（LHCP）和右旋圆极化（RHCP）方向性二维曲线的例子。

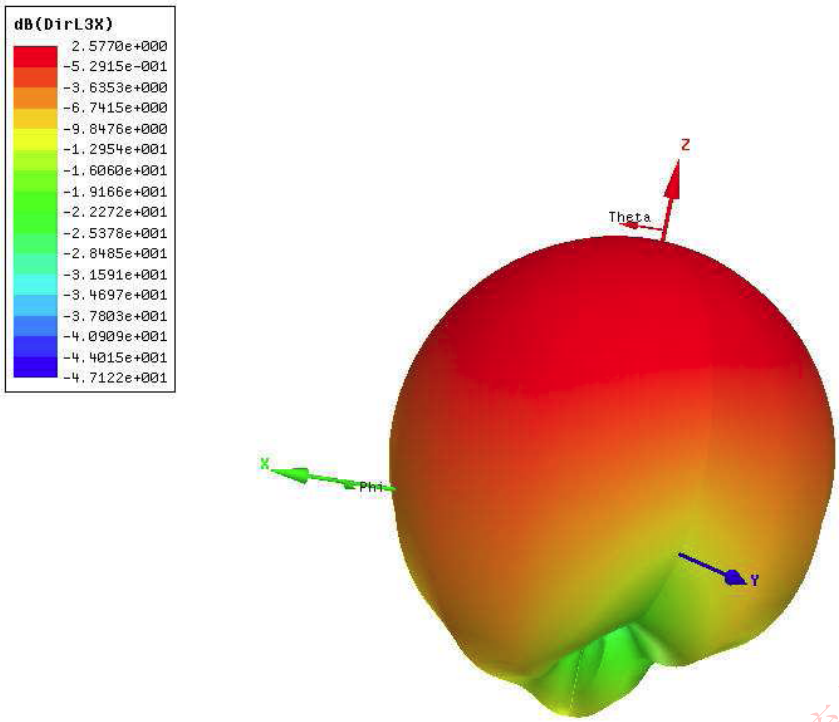


F 3.3.2

三. 创建三位曲线图

对三维曲线的绘制，请参照上文中的步骤，不过需改变 **Phi** 和 **Theta** 量的设置来匹配远场计算。同样需要选择一个要描绘的天线的量。

下面是一个贴片天线的三维曲线图：



F 3.3.3

四. 特殊例子—天线阵列

当用主从边界条件对来仿天线阵列时，你可以应用阵列因子来计算天线参数。这在 HFSS 中操作很简便。

创建一个天线阵列因子计算式：

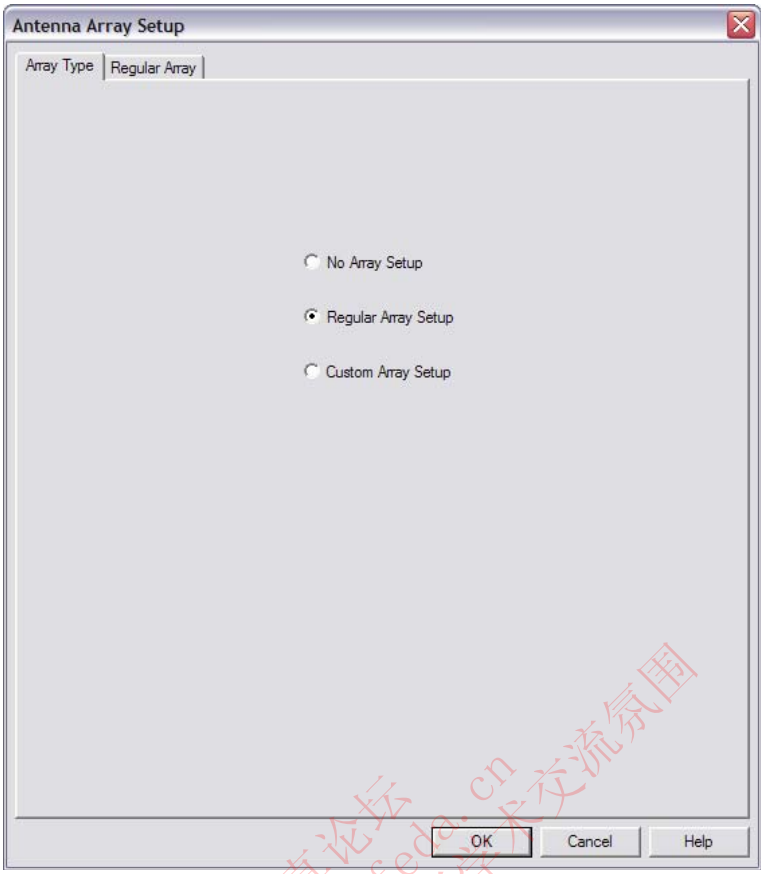
a) 选择 ***HFSS > Radiation > Antenna Array Setup***

b) 选择 **No Regular** 或 **Custom Array**

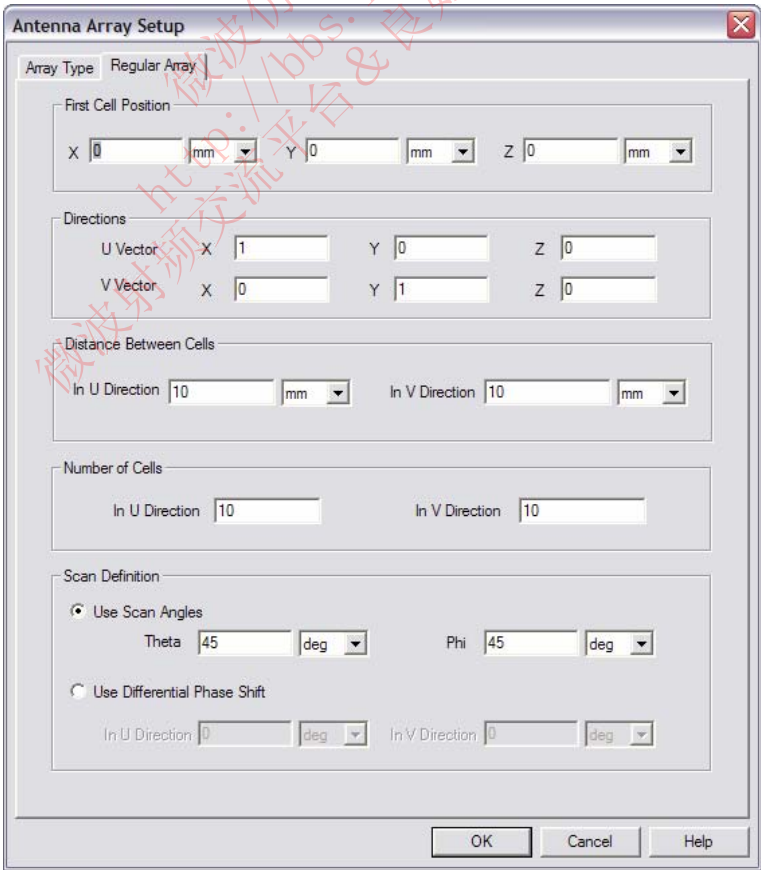
c) 选择 next 标签，输入阵列特性，或者输入一个包含阵子位置的文件名

d) 一旦点击 OK，曲线和计算都将随着阵列因子计算更新显示。要回到单个阵子计算，可以选择 **No Array Setup**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



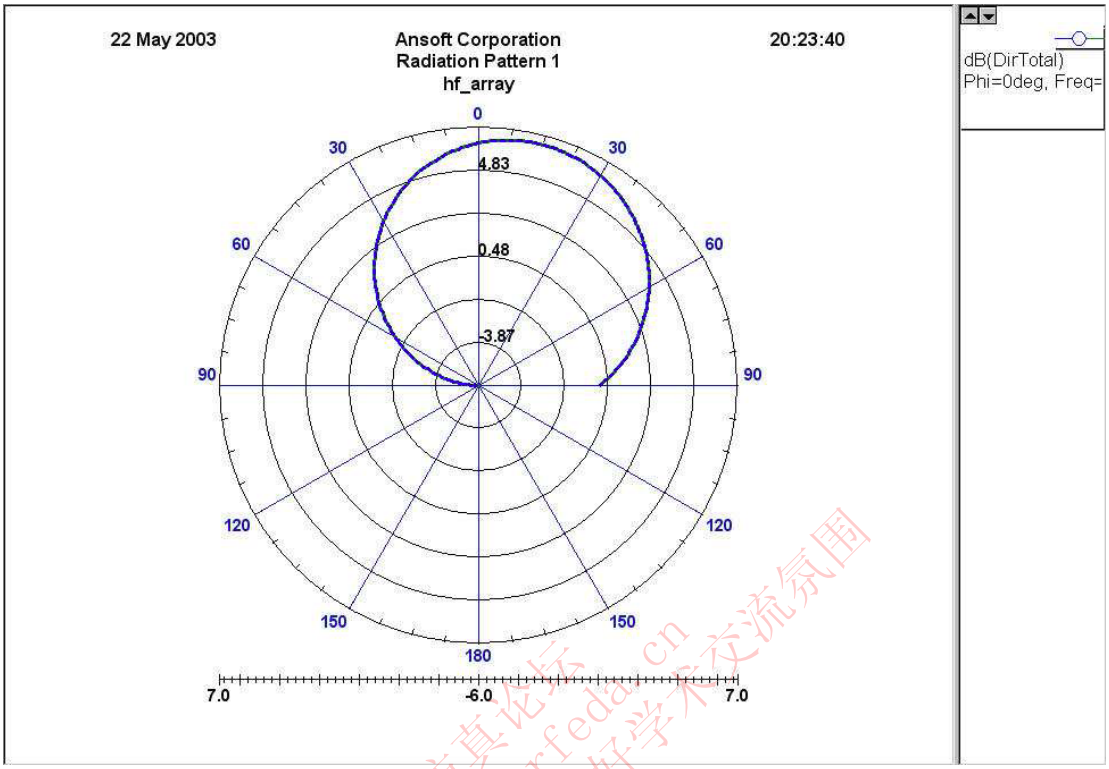
F 3.3.4



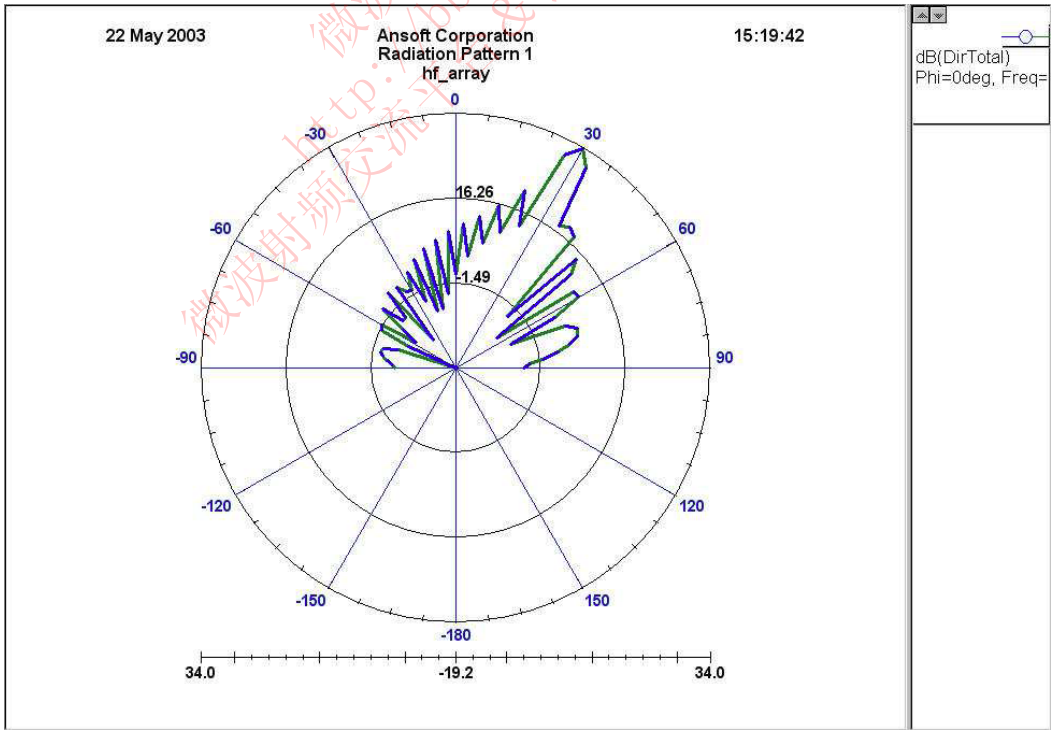
F 3.3.5

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

天线阵列—以下显示的是单个阵子的场图和一个设置了 30 度扫描角的阵列。



F 3.3.6



F 3.3.7

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流学习 & 业好学术交流氛围

五. 数据处理

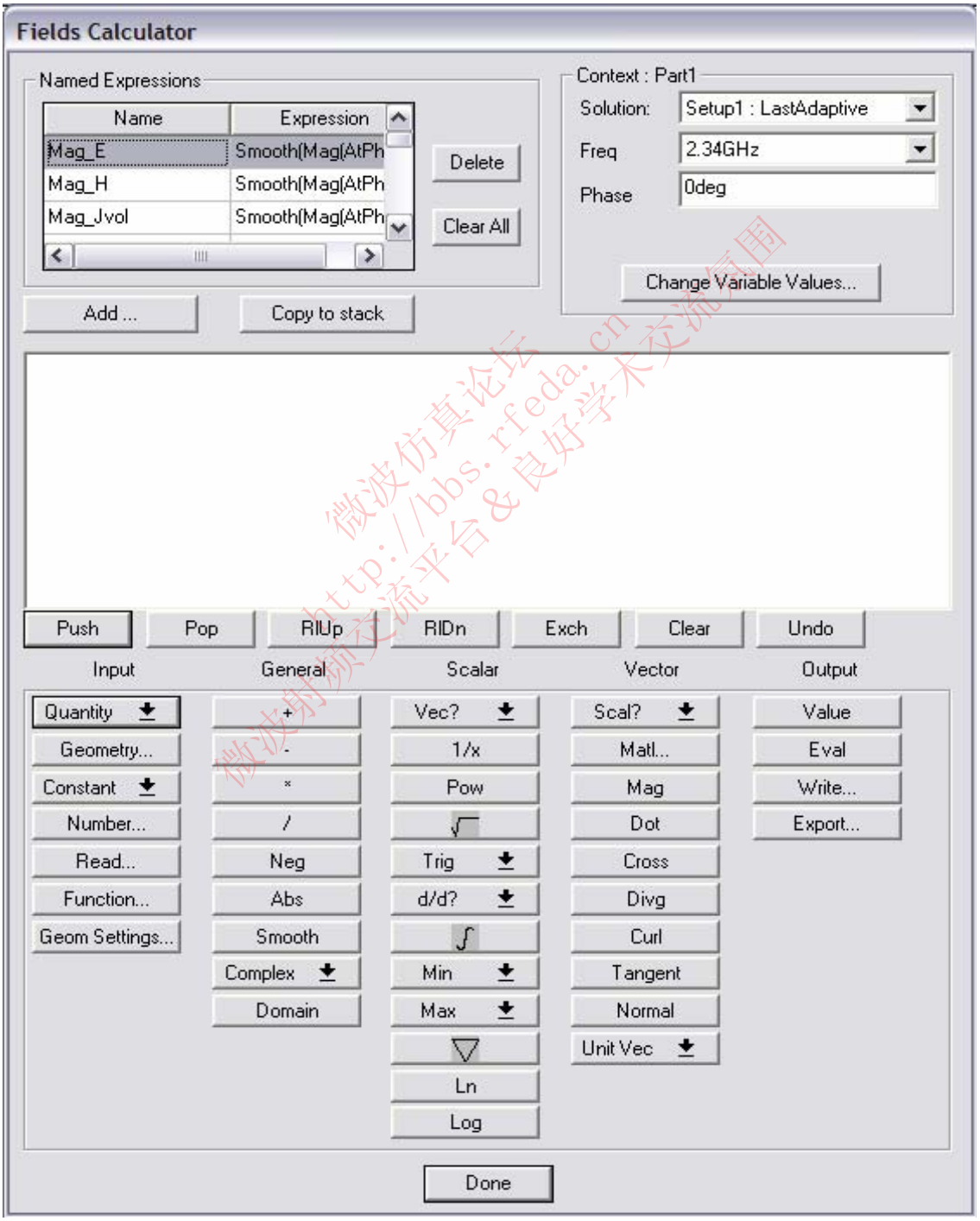
有时会发现，软件中内建计算量并不适合表示输出变量。正因为如此，HFSS 可以用任意的场计算器来灵活建立变量。

我们可以利用场计算器来操作场量，来获取我们想得到的量值。一种通常的用法是计算结构的功率通量（能流）。这可以通过对物体几何表面的 Poyntin 矢量求积分得到。用场计算器可以很容易地实现。

六. 访问场计算器：

选择 ***HFSS > Fields > Calculator***

关于场计算器的详细说明请查阅在线技术支持网站http://www.ansoft.com.ots。



F 3.3.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第四节 场覆盖图绘制

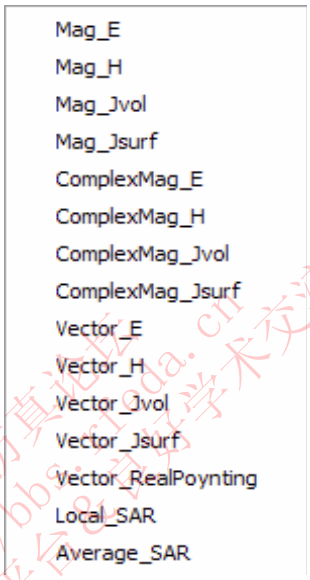
前面所提到的是通过二维曲线描绘几何体上场量的功能，但这并不方便我们观察。HFSS 的一个最大的好处就是使我们能够观察到结构体内电磁场的变化，而有些东西并不能靠直接测量得到。

场图可以用于三维建模器内的几何选择，而且可以根据不同的激励振幅，频率，和相位进行修改。我们同样可以通过制作场图随相位变化的动画来观察场是怎样在体积中传播的，这实质上是增加了一个时基。

一. 创建二维/三位场覆盖图

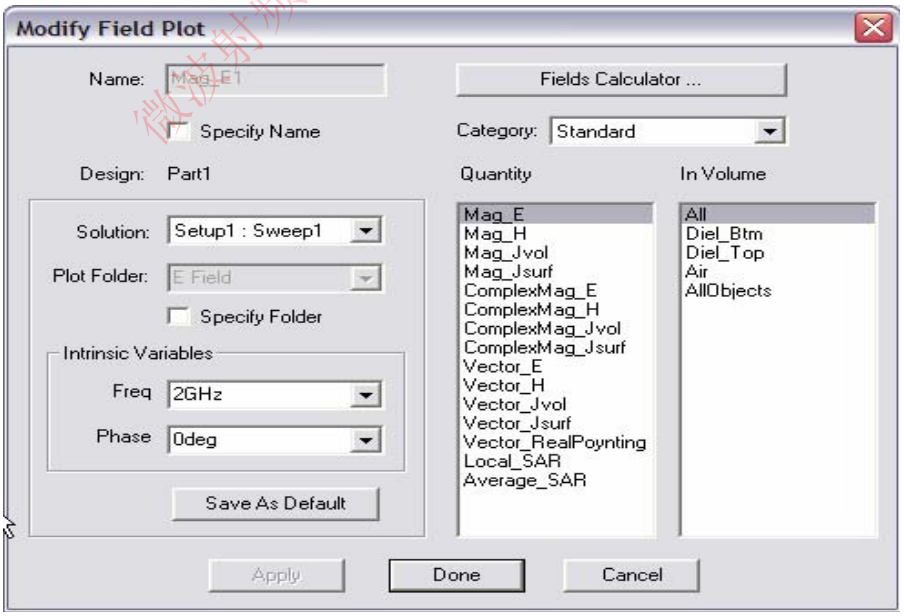
a) 选择物体的一个面，一个体，或多个物体。

b) 选择 ***HFSS > Fields > Plot Fields >***



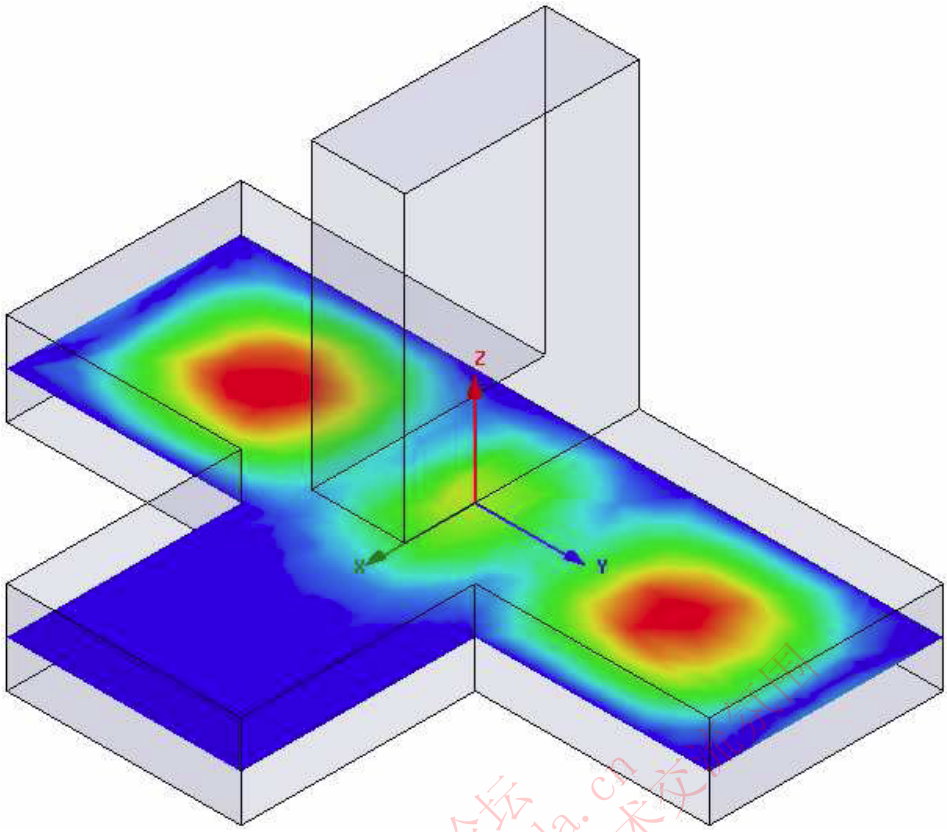
F 3.4.1

c) 然后你可以在这个结果对话框中修改激励的频率或相位



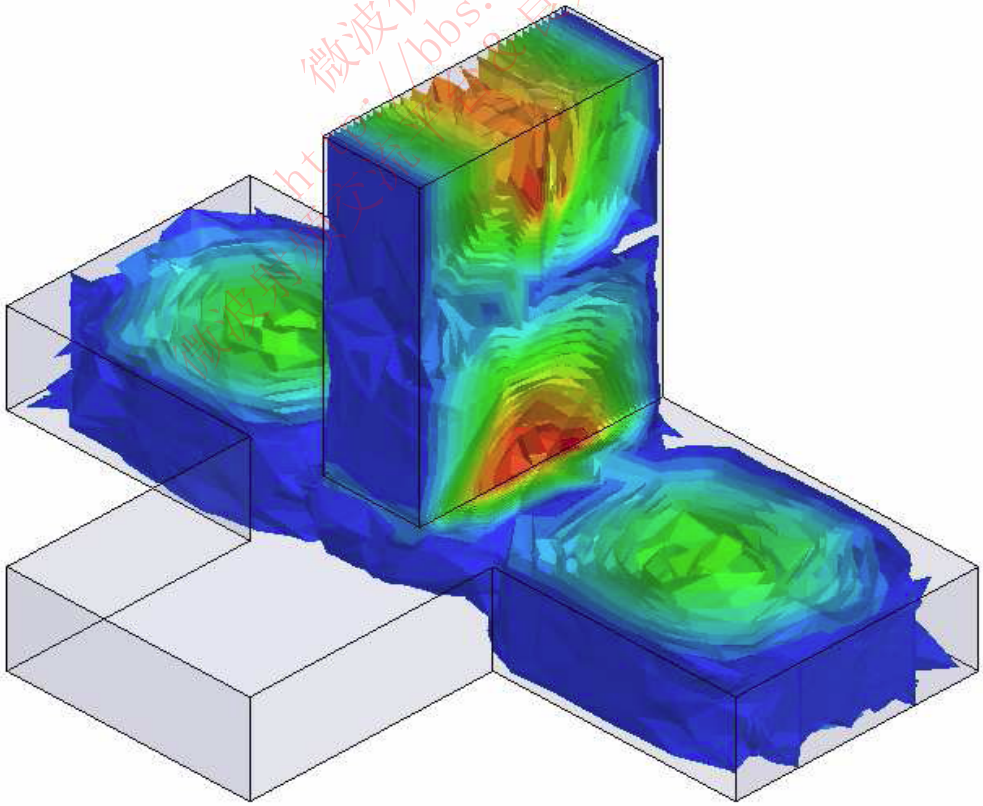
F 3.4.2

下图为魔 T 模型与在 Global:XY plane 上的描绘的 Mag_E 合成的建模器窗口：



F 3.4.3

选择对象“arm”，在体积极限内绘制：



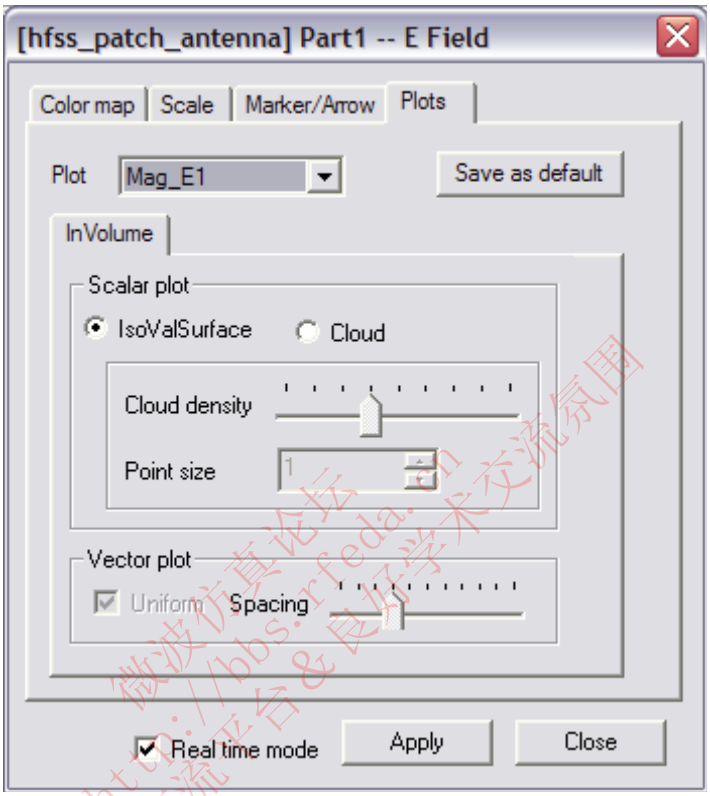
F 3.4.4

上面所示三维图称为 Isoval surface plot。这并非默认的。

二. 改变场图类型：

a) 选择 ***HFSS > Fields > Modify Plot Attributes***
b) 选择 **Plot** 标签
c) 在下拉菜单中选择可用的 **Plot**
d) 选择 **IsoValSurface** 单选按钮

你同样可以不使用 **cloud plot** 的默认设置，调整 **cloud density** 和 **point size** 参数，直到图形看起能接受为止。



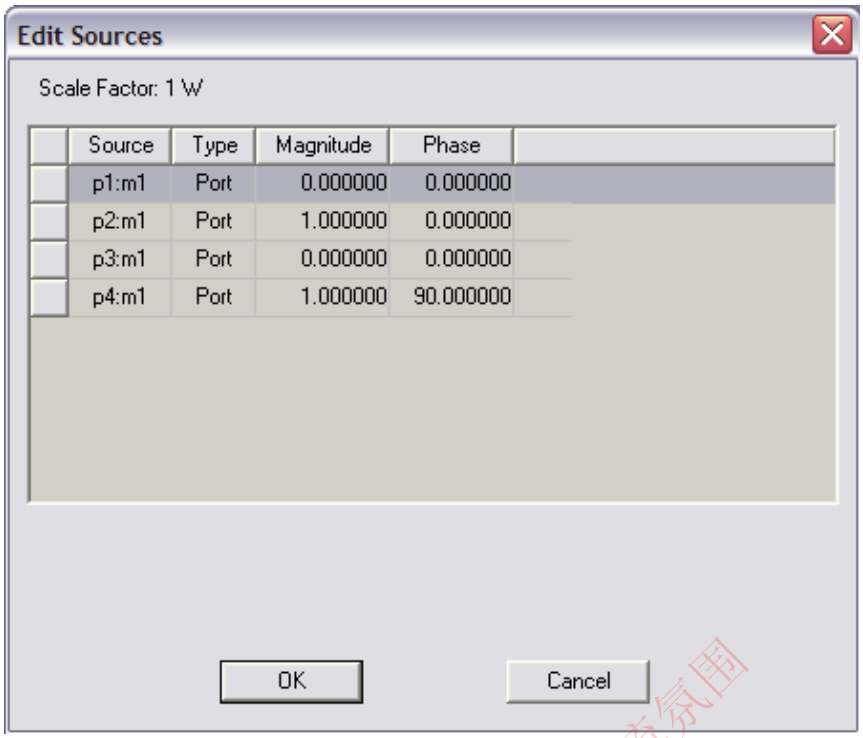
F 3.4.5

三. 场覆盖图—激励源

有时可能需要同时激励多个端口，也许会是不同相位。这对估计功率合成器是很有用的。你可能还需要计算一个平面波源的入射或反射功率。

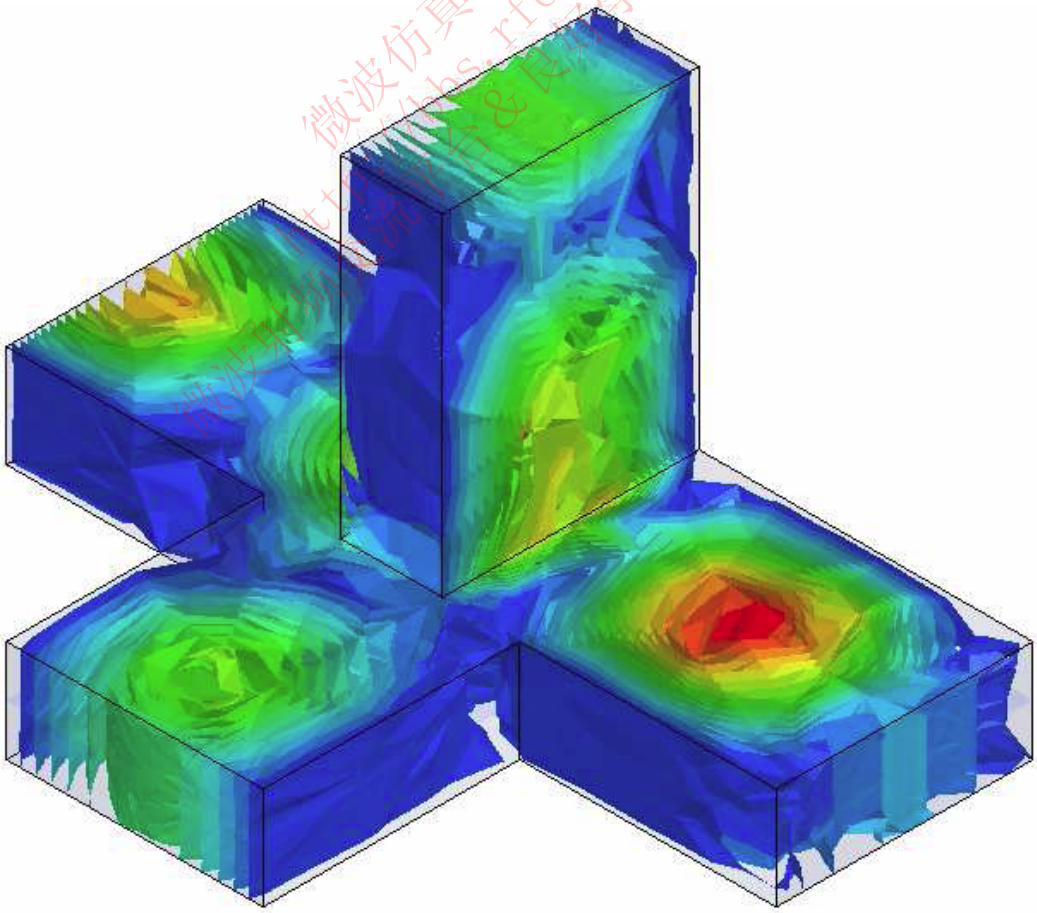
要改变场图激励：

选择 ***HFSS > Fields > Edit Sources***



F 3.4.6

下图显示了魔 T 中当两个电场平面末端输入有 90 相位差时的 d 场覆盖图。组件没有隔离一个端口。



F 3.4.7

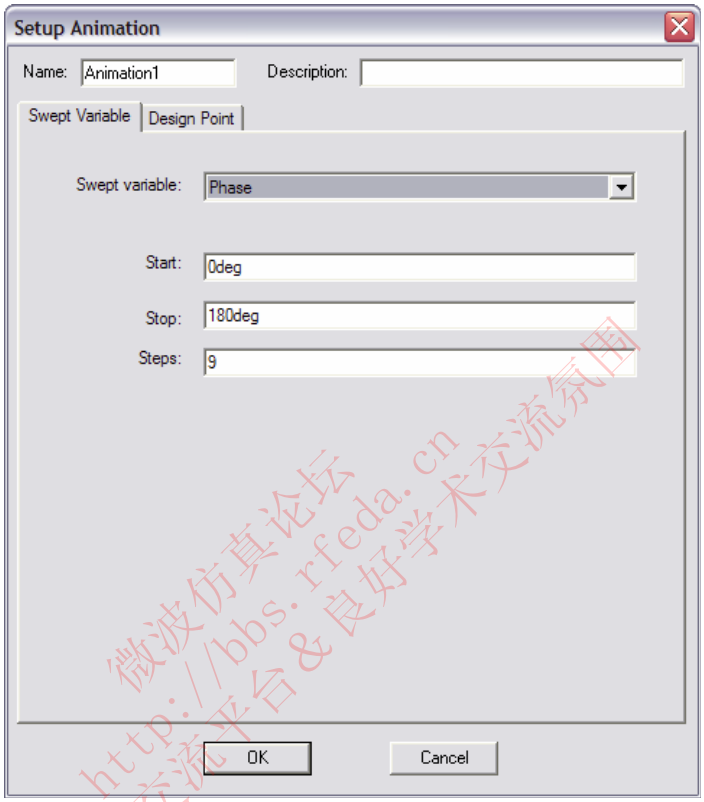
四. 场覆盖图—相位动画

场覆盖图最后一步是创建动画。这样可以生动的看到当你改变相位（时间）时波在结构中的传播。

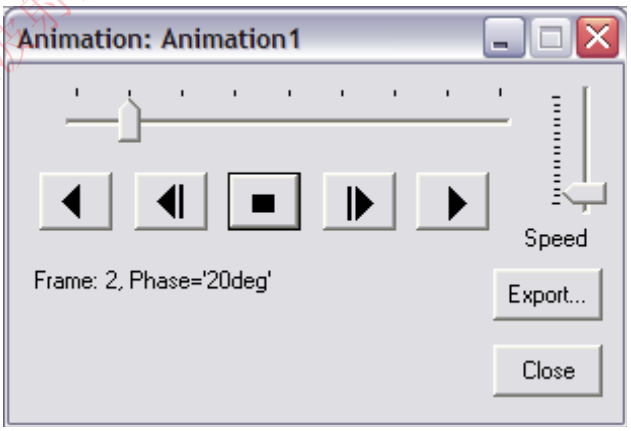
创建三位场图动画：

a) 选择 ***HFSS > Field > Animate***

b) 一般来说，使用默认设置即可。但你也可以改变步数来限制计算时间。



F 3.4.8



F 3.4.9

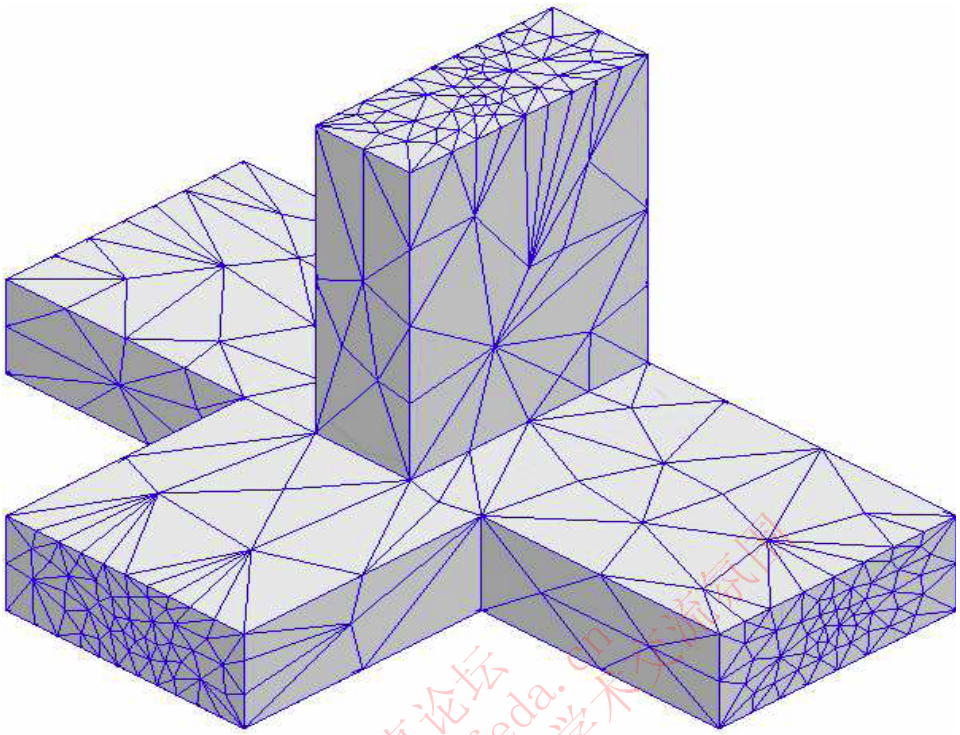
五. 网格覆盖图

另一个对估计仿真很有价值的图是网格覆盖图。一旦创建，你就可以分辨出结构中的哪块区域可能需要更多的四面体来提高网格质量。

创建网格覆盖图：

a) 选择要显示网格的表面，平面或者物体

b) 选择 ***HFSS > Fields > Plot Mesh***



F 3.4.10

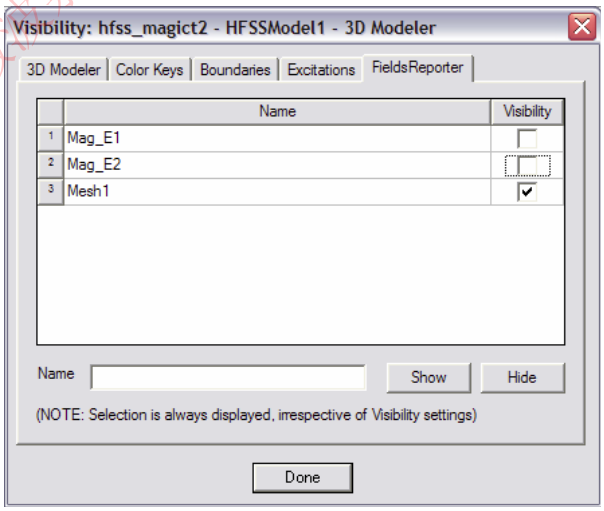
六. 在三维建模器中查看

如果同时在三维模型中显示场图和网格图，有时可能会非常拥挤，而且模型的细节可能会被画得模糊不清。你可应通过隐藏物体或场图来消除这种混乱。

关闭场图显示：

a) 选择 View > Visibility

b) 选择 **Fields Reporter** 标签，在你想要显示的场图后面的复选框里打上勾。



F 3.4.11

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

第四章 Ansoft HFSS 求解及网格设定

第一节 求解循环

求解循环

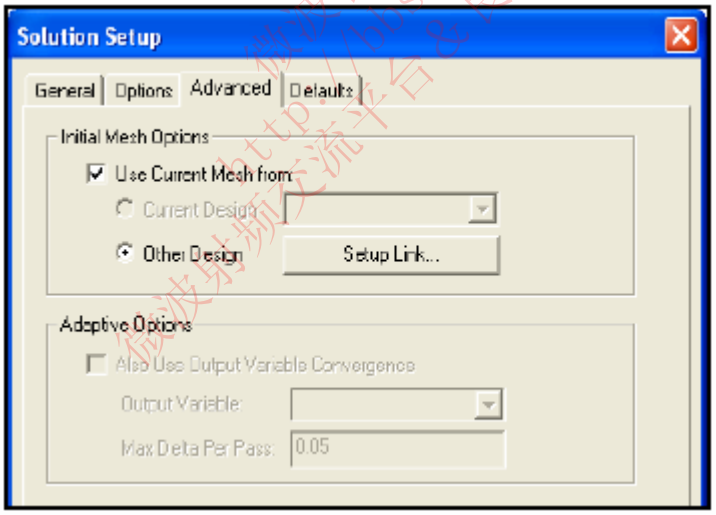
一）和处理之前不一样，求解过程是非常自动化的。一旦问题被适当地定义，hfss 将开始并一步步地完成求解过程的几个阶段。如果要开始求解进程，在 hfss 建模树上右击 Analyse,选择 Analyse。

二）因为求解设置直接影响自动化的求解进程，所以再复习一下这部分很重要。仔细观察一下求解过程发现它由三个部分组成：

1. **初步求解**－包括网格生成，端口求解，和对点频的完全求解。
2. **自适应改进循环**－在初始解频率处优化网格并得到完全解直到收敛。
3. **频率扫描**－通过自适应优化循环生成的网格计算扫频响应。

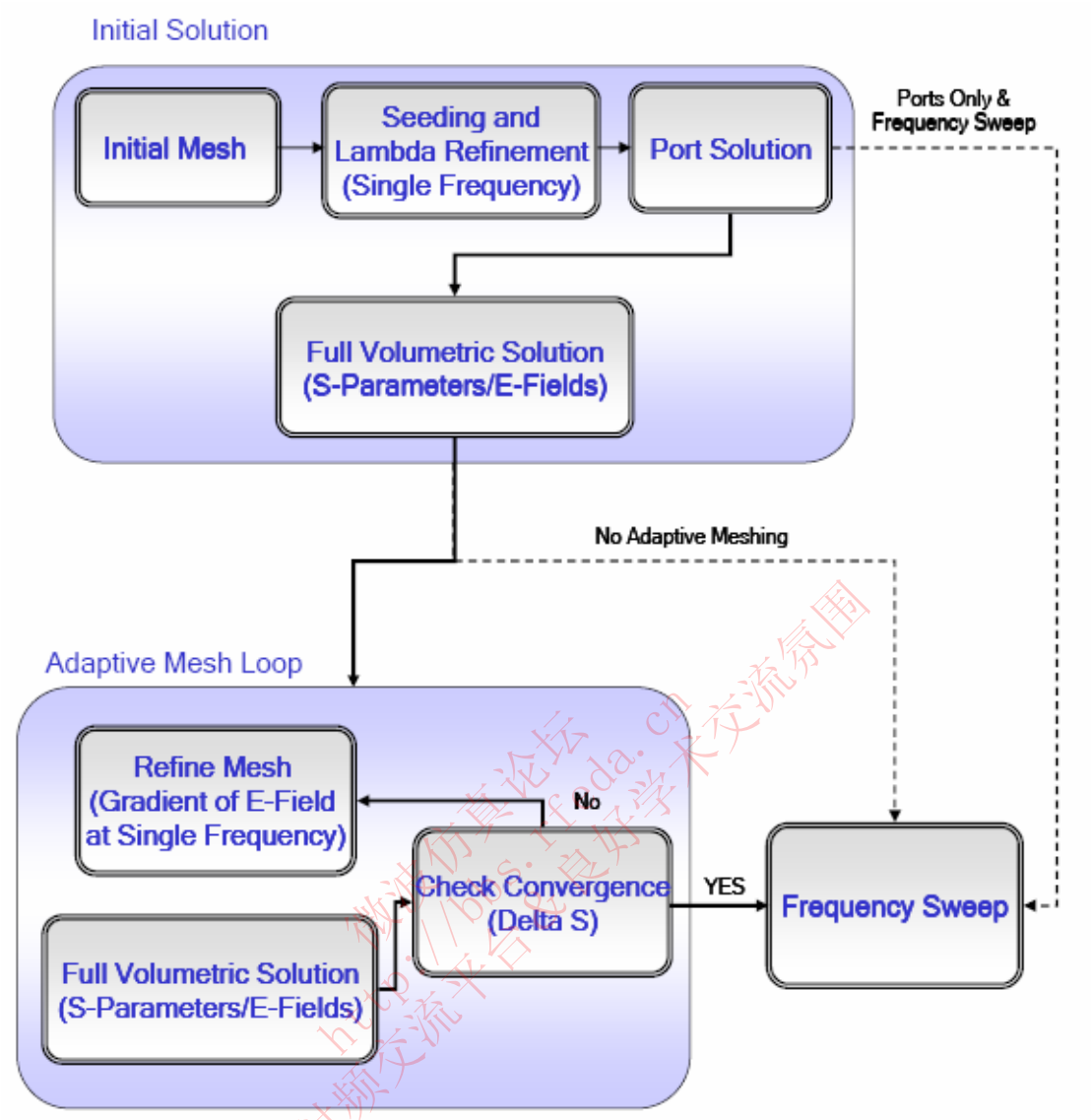
三）网格再利用

1. 复制几何相等网格-对于优化分析设置你可以请求 hfss 复制一次扫描变化计算的一套网格，用于另一个几何相等的扫描变化。（扫描变化不太了解，sweep variation）
2. 初始网格选项
   1)使用来自当前设计的网格-能够使用前面设置的网格
   2)使用来自其它工程的网格-能够使用来自另一个具有相同几何结构的模型的网格。



F. 4.1.1

四）下面的插图描述了求解过程的执行步骤。

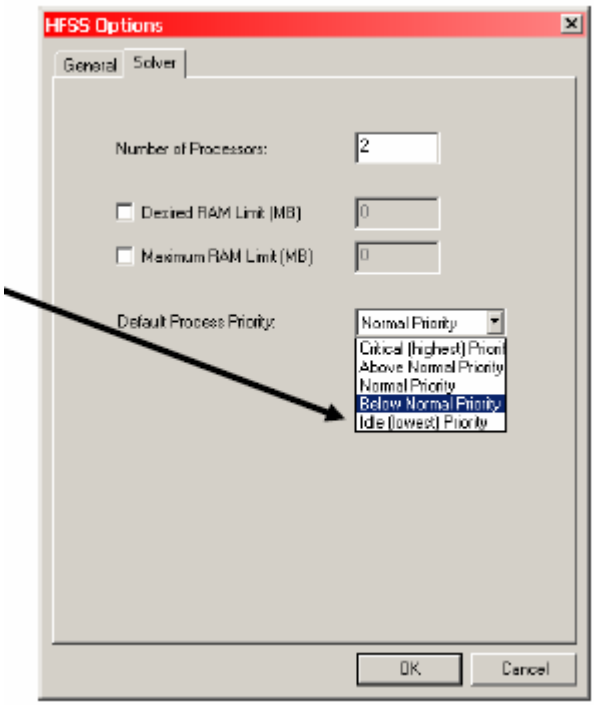


F. 4.1.2

一、改良的分析结构

一)结构的默认优先级

1. 要设置这个选项，到 **Tools>Options>HFSS Options>Solver**



2.

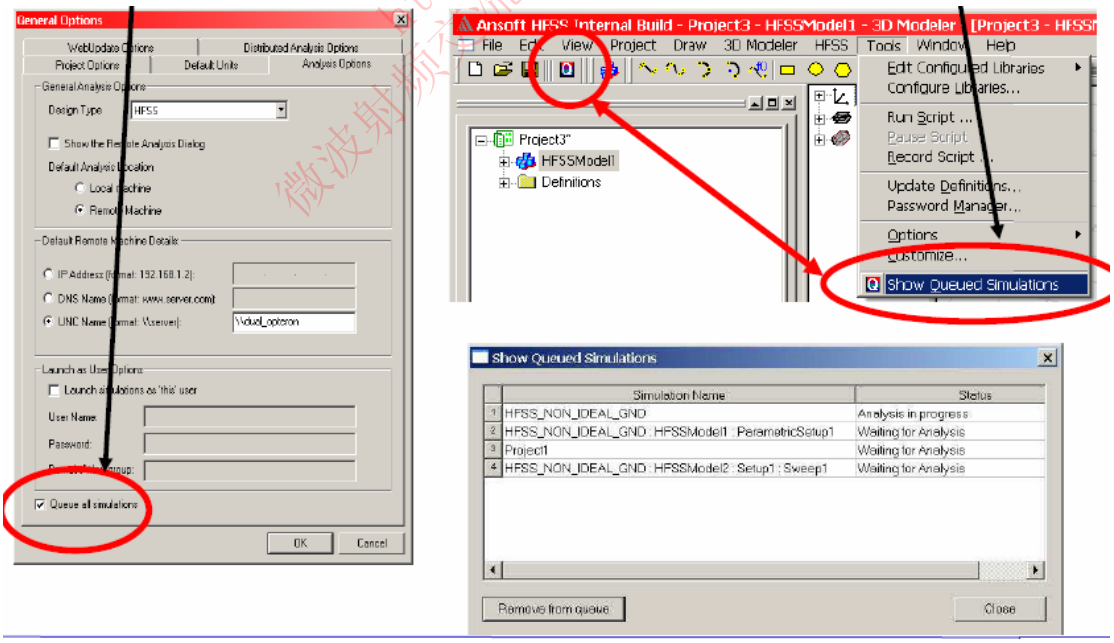
F. 4.1.3

二)细微的分析

1. 不同类的平台支持

三)排队

1. 给工程、设计、参数扫描、频率扫描排队
2. 为激活这个功能，到 **Tools>Options>General Options>Analysis Options>Que all Simulations**
3. 要看排队的工程，到 **Tools>Show Queued Simulations**



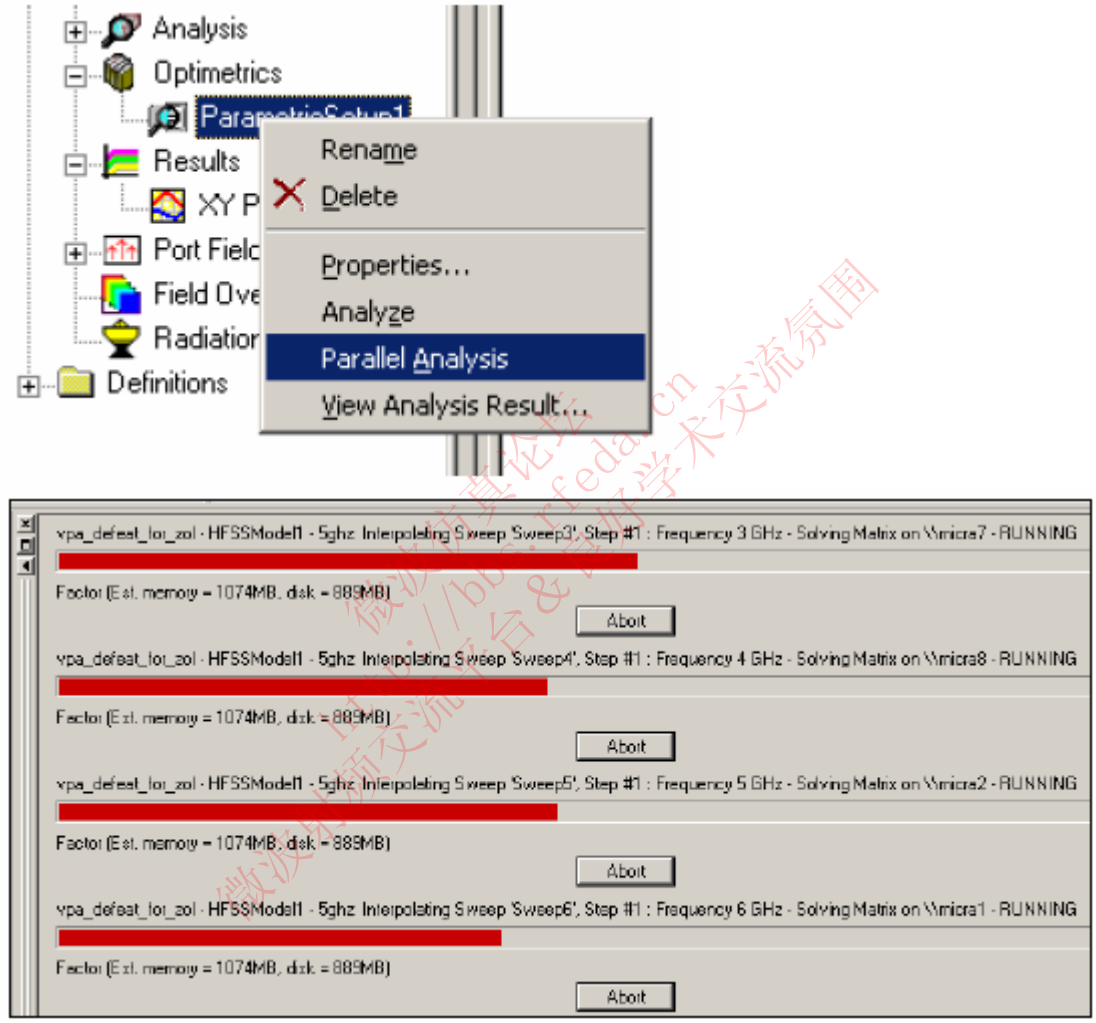
F. 4.1.4

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

二、分布式分析

一）10X 分析加速

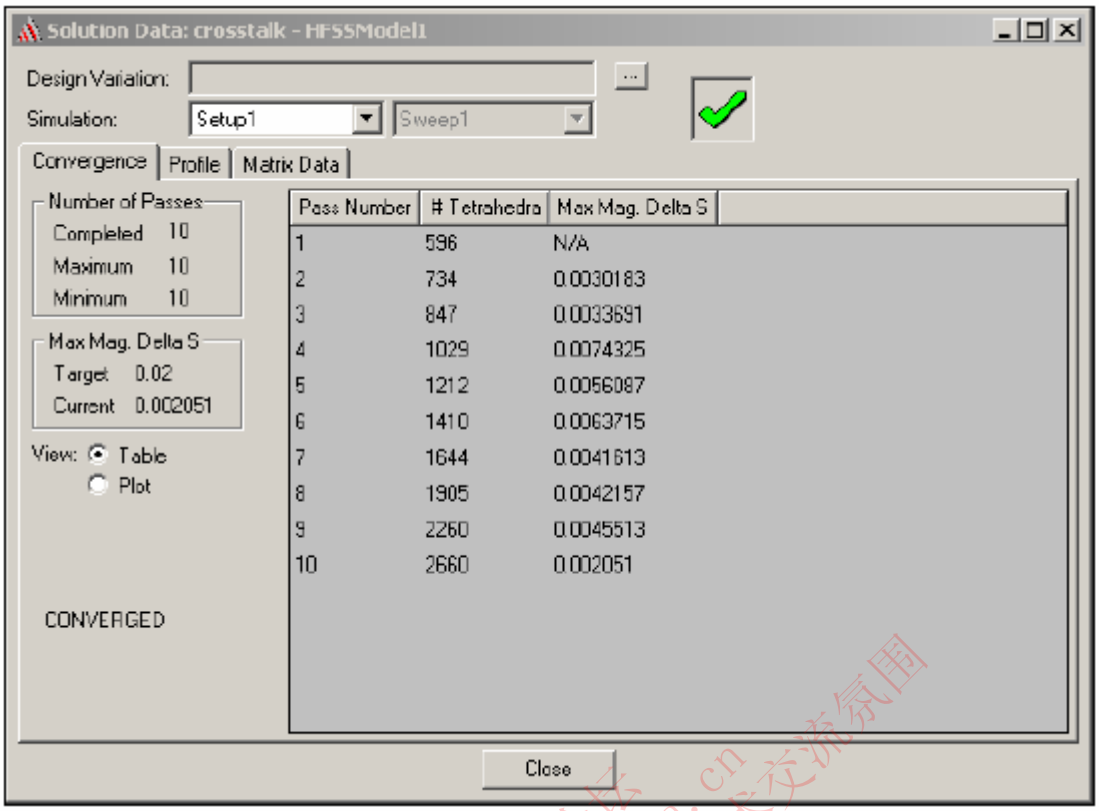
1. 一个自动化的客户服务器执行
   1）很少/没有消耗（overhead）
   2）很容易通过远程分析能力设置
2. 用于优化场合和分割频率扫描
3. 增加一个可选的许可证
   1）10“受控制的分析”



F. 4.1.5

三、监视收敛

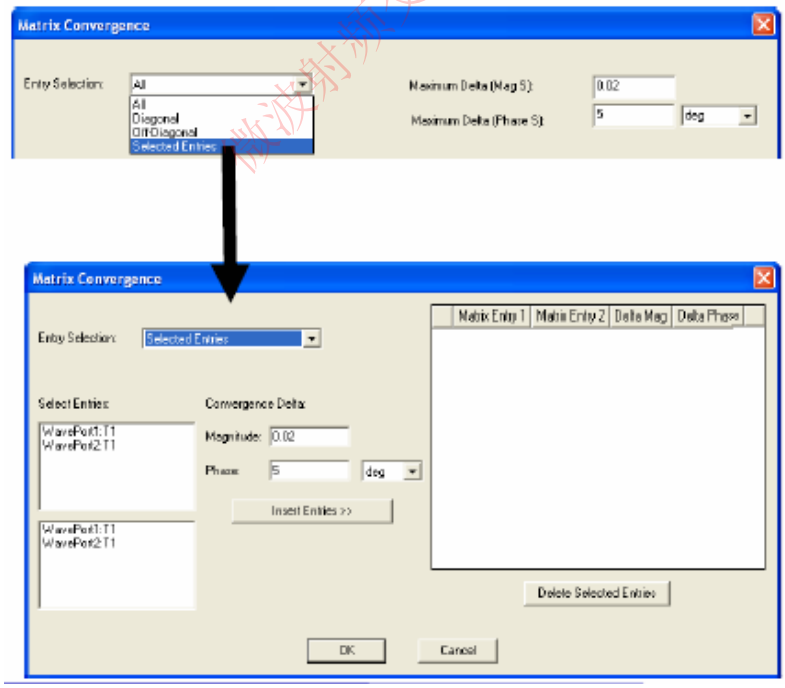
一）你可以查看整个求解过程的收敛性。在 HFSS 建模树右击 **Analysis/Setup.**收敛表可以用来以表格或图的形式显示。



F. 4.1.6

二）矩阵收敛选项（Matrix Convergence Options）-允许定义其它收敛标准的能力

1. All（全部）—默认
2. Diagonal(对角线)
3. Off-Diagonal(远离对角线)
4. Selected Entries(选择的输入)

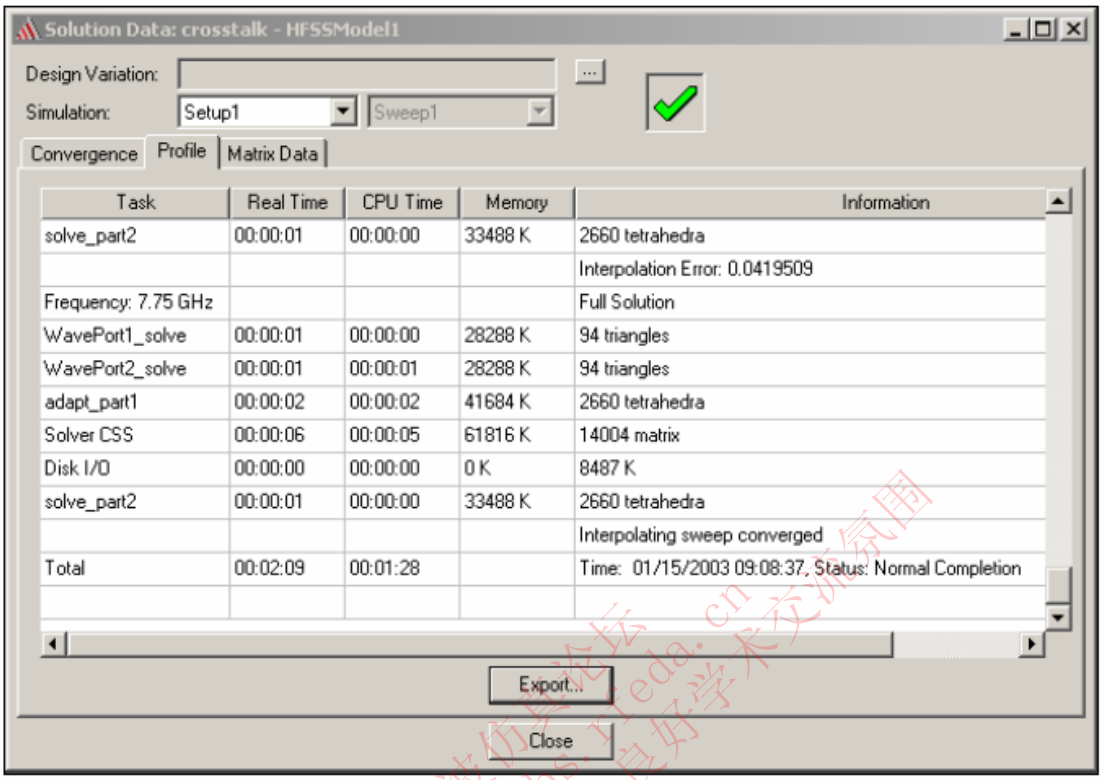


F. 4.1.7

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

四、一概图

一）在求解过程中或求解过程后的任何时候，你都可以查看 HFSS 在分析过程中使用的计算资源（或叫做一概图数据）。这个一概图数据在本质上是一个 HFSS 在求解过程中描述任务的日志。这个日志包含了每个任务花费的时间长度和需要多少内存或磁盘的存贮量。



Task	Real Time	CPU Time	Memory	Information
solve_part2	00:00:01	00:00:00	33488 K	2660 tetrahedra
				Interpolation Error: 0.0419509
Frequency: 7.75 GHz				Full Solution
WavePort1_solve	00:00:01	00:00:00	28288 K	94 triangles
WavePort2_solve	00:00:01	00:00:01	28288 K	94 triangles
adapt_part1	00:00:02	00:00:02	41684 K	2660 tetrahedra
Solver CSS	00:00:06	00:00:05	61816 K	14004 matrix
Disk I/O	00:00:00	00:00:00	0 K	8487 K
solve_part2	00:00:01	00:00:00	33488 K	2660 tetrahedra
				Interpolating sweep converged
Total	00:02:09	00:01:28		Time: 01/15/2003 09:08:37, Status: Normal Completion

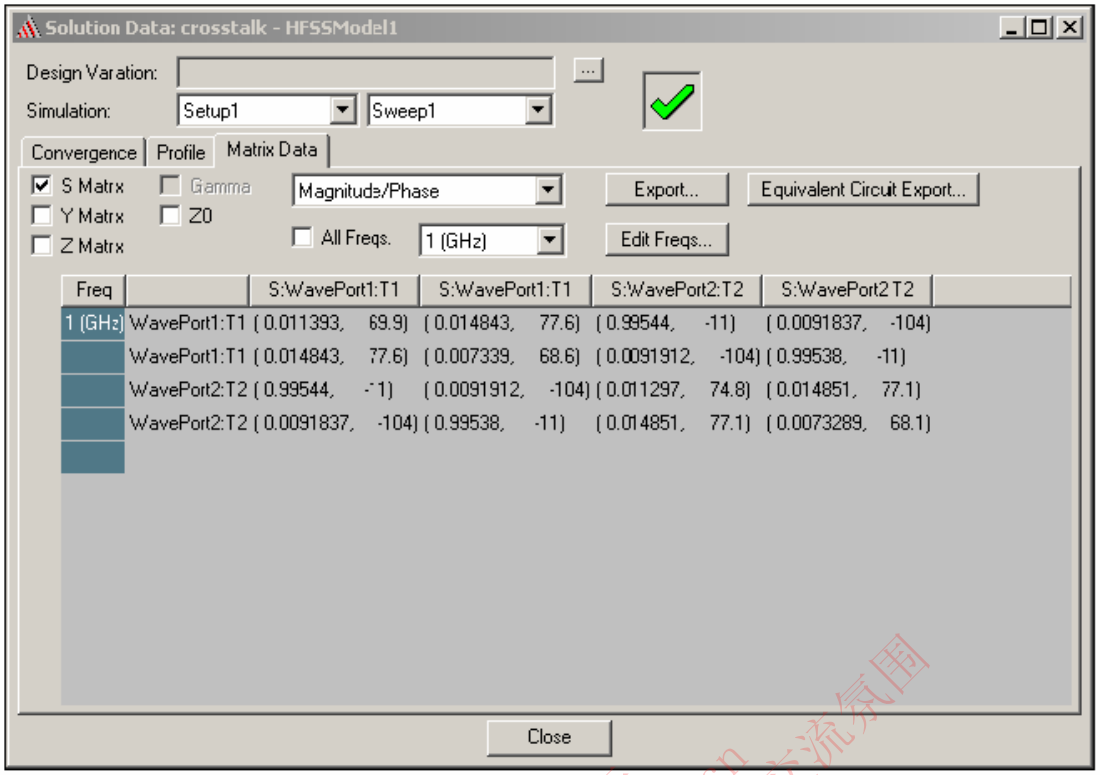
F. 4.1.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的魅力在于&良好学术交流氛围

1. Task(任务)—列出了求解过程中执行一个任务的软件模块，和执行的任务的类型。例如，对于 mesh_adapt 这个任务，Mesh3d 就是自适应改进网格的软件模块。
2. Real Time（实时——实时：计算机解决问题所耗费的时间，即从数据进入计算机至接收到结果为止）－执行任务需要的实时量。
3. CPU Time（CPU 时间）－执行任务需要的 CPU 时间量。
4. Memory(内存)—你的机器在执行任务时使用的内存最大值。这个值包括当时运行的所有应用程序，不只局限于 HFSS。
5. Information(信息)—关于求解的一般信息，包括网格中使用的四面体数量。

五、矩阵数据

一）求解结束之后矩阵数据可以通过点击 Analysis/Setup 来查看。右击 **Setup** 选择 **Matrix Data**. 将出现 **Solution Data** 窗口。



F. 4.1.9

二）在 Simulation 下拉菜单里，点击求解设置和已经算完的自适应过程，点频解或频率扫描——如果你想查看它们的矩阵的话。

三）选择要查看矩阵的类型。

1. S 矩阵
2. Y 矩阵
3. Z 矩阵
4. 反射系数
5. Zo（特性阻抗）

四）可用的类型取决于求解类型。

五）数据可以用下面的格式显示：

1. 幅度/相位
2. 实部/虚部
3. dB/相位
4. 幅度
5. 相位
6. 实部
7. 虚部
8. dB

六）可用的格式取决于显示的矩阵类型。

七）你也可以选择你想显示的求解频率。

1. 要显示所有求解频率的矩阵条目，选择 **All Freqs.**
2. 要显示一个求解频率的矩阵条目，清除所有频率然后选择你想看的求解频率。
3. 对于自适应过程，只有在 Solution Setup 对话框里指定的求解频率可用。对于频率扫描，整个频率范围都可用。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

4. 要插入或删除一个或更多显示频率，点击 **Edit Freqs**.
5. 这个命令只有当扫描类型为 Fast（快速）或 Interpolating（插值）时可用。对于 Fast（快速）或 Interpolating（插值）扫描，如果你在编辑频率对话框改变频率之后选择输出矩阵数据，只有那些在矩阵数据表里显示的数据会被输出。

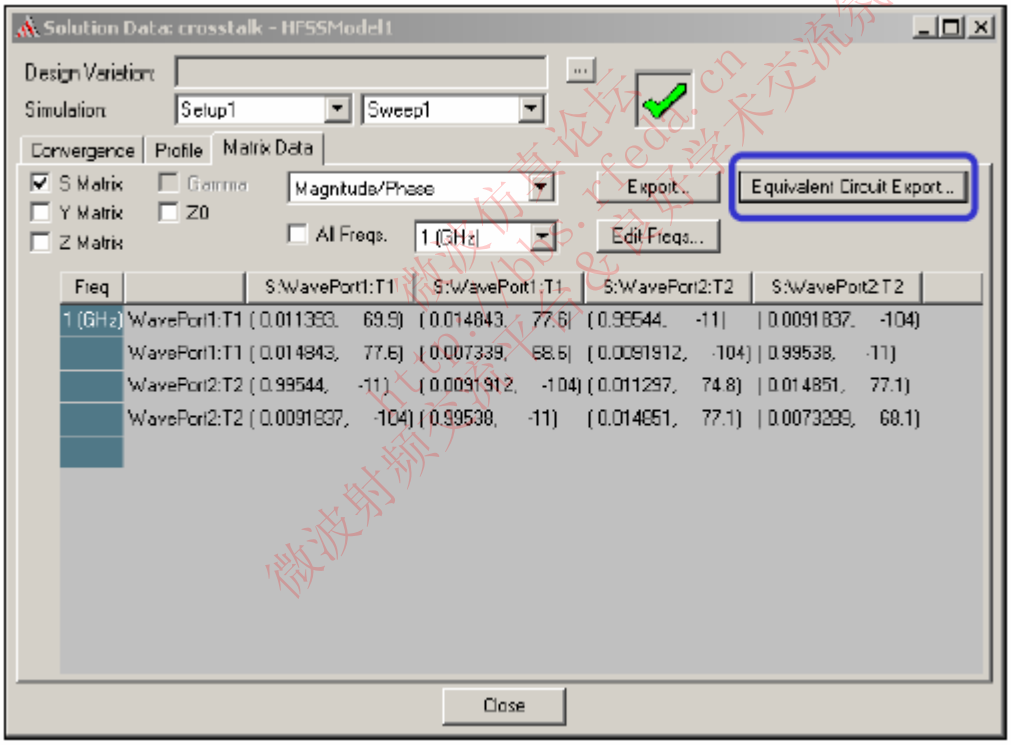
六、输出矩阵数据

一）许多输出格式是可用的：

1. Touchstone(*.sNp)
2. Data Table(*.tab)
3. Planar EM/HFSS v6+(*.szg)
4. Neutral Model Format(*.nmf)
5. MATLAB(*.m)
6. Citifile(*.cit)

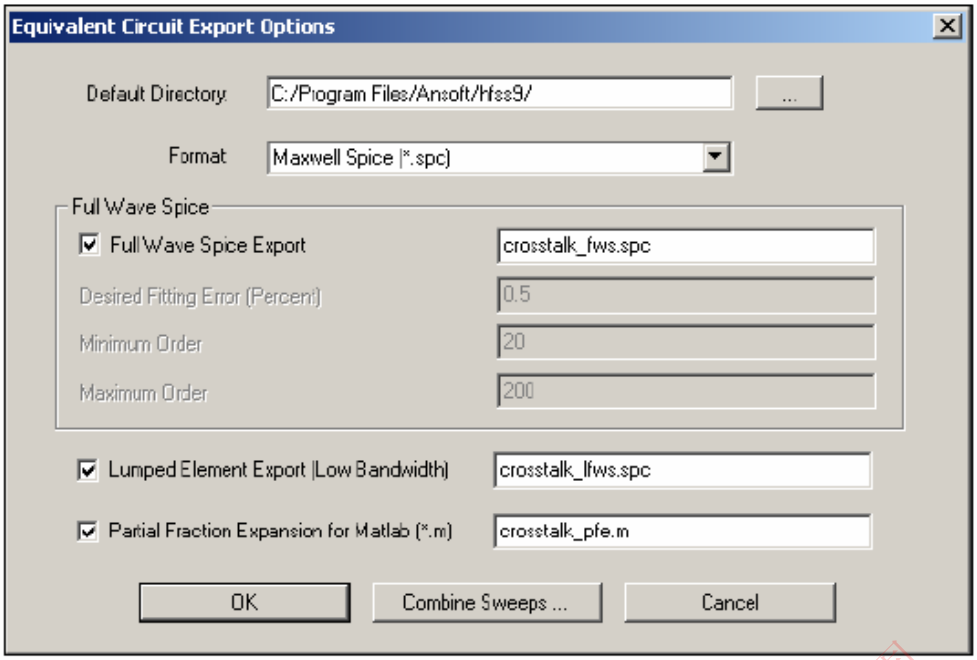
七、等效电路输出

一）从 HFSS 中可以输出全波 Spice，集总元件和部分分式扩展模型。要输出模型，点击 **Analysis/Setup/Matrix Data/Equivalent Circuit Export.**



F. 4.1.10

二）等效电路输出选项窗口就会出现



F. 4.1.11

三）如果你有一个终端激励解你可以输出到 **PSpice, HSPICE, Spectre,** 或 **Maxwell Spice.**要成功得到一个等效电路数据文件，你必须拥有一组频率扫描解，五个或更多的频点。

四）如果你想使用由简单的集总元件（电阻，电容，电感和寄生电流源）组成的低频电路模型来保存数据，选择 **Lumped Element Export(Low Bandwidth).**

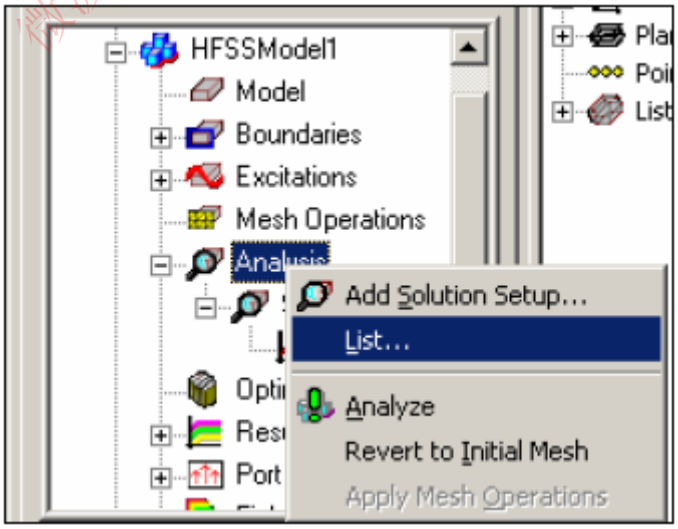
五）要建立.m 文件选择 **Partial Fraction Expansion for Matlab.**

六）如果你想把两个或两个以上的频率扫描数据结合到一个文件中，点击 **Combine Sweeps.**扫描范围的端点可能接触，但不可以交迭。

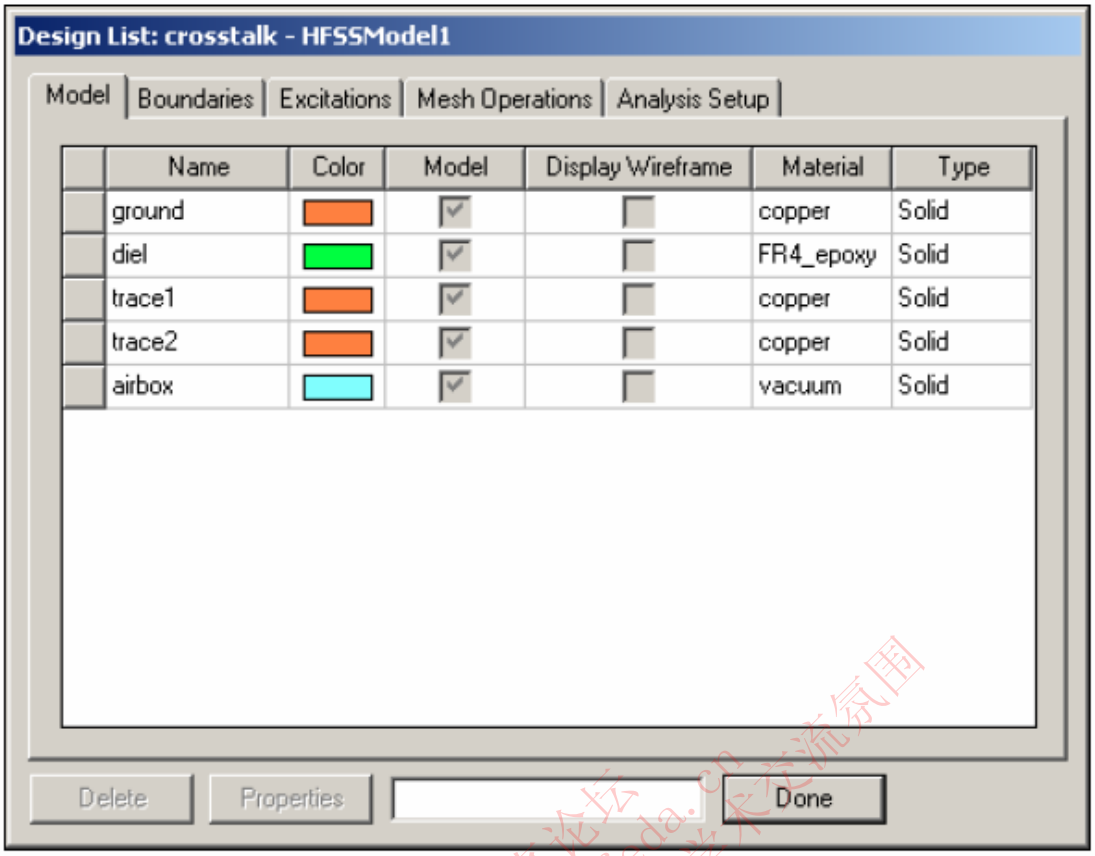
七）S 矩阵将被写入你指定的等效电路数据格式的数据文件中。

八、列表

一）要查看模型参数，边界，激励，网格操作和分析设置，右键点击 Ansoft HFSS 建模树中的 **Analysis** 并选择 **List.**



F. 4.1.12



F. 4.1.13

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第二节 网格

网格操作

一）本章对 Ansoft HFSS v.10.0 软件的网格划分提供细节。这里将讨论弯曲部分的默认网格划分，用户在其中的控制，以及在矩阵求解中使用的新的**体积修正（volume correction）**功能。下面讨论的话题有：

1. 曲面几何体网格自适应
2. 面（Faceting）默认设置
3. FEM 求解中的体积混乱
4. 用户定义表面近似
5. 使用建议
6. 模型解析
7. 应用网格操作

二）例子/基准

1. 标准的圆柱（pillbox）谐振腔
2. 开槽的半球介质谐振天线
3. 加速器轮辐腔应用
4. 圆波导正交本征模接头（OMJ）

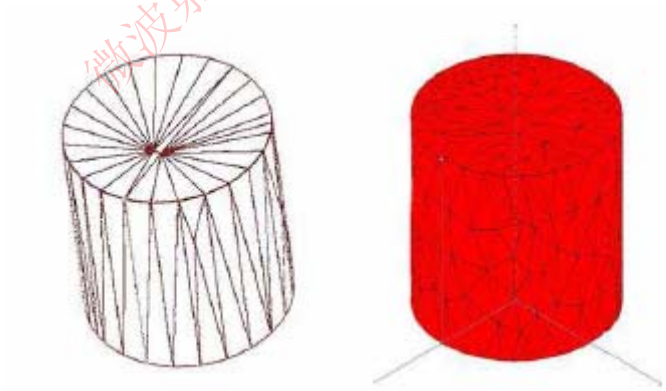
一. HFSS v10.0 中的曲线网格自适应

一）HFSS v10.0 网格在处理弯曲表面时和 HFSS 以前的版本不一样。适当理解在弯曲网格处理方面和 HFSS v10.0 求解器中的新功能的优势方面的不同对于获得准确的结果是有必要的。

1. 新的画图界面鼓励使用真实弯曲画法，通过去掉给一个原始结构（如圆，圆柱，球，椭圆等）指定一个面计算的选项来实现。

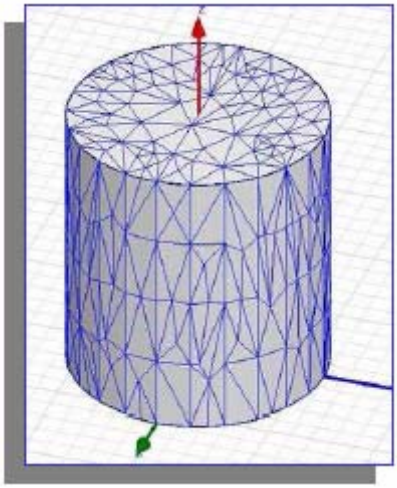
   1）然而如果仍想得到，有小面的原型依然可以作为多面体和多面的立体。

2. 初始网格由网格运算法则的第一步得到的面结果约束。然而在前面版本的 HFSS 中，自适应网格点可以被放置在起作用的物体的真实表面上的任何地方，就像下面图片的前前后后所展示的那样。（左边是初始网格，右边是自适应网格。注意在自适应网格变更之后，规则的分面不再持续。）



F. 4.2.1

3. 然而对于 HFSS v10.0，为了给更加复杂的几何体提供更加稳健的网格划分，对弯曲物体所做的初始面选择着眼于整个自适应过程，所以自适应网格是与初始网格具有相同网格划分的体积的再分变化。一组来自 HFSS v10.0 的自适应网格如下所示。



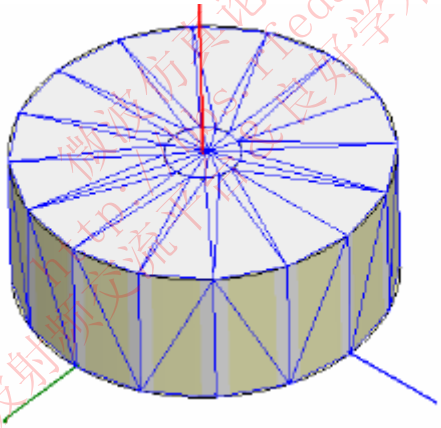
F. 4.2.2

二. 面划分器默认设置

一）为了使初始网格保持合理的尺寸，初始面划分默认设置强制网格表面法线落在真实曲面法线的 30 度范围之内。

1．这意味着圆柱表面将在它的圆周上被“面分割”为 16 段，如下图所示。

2．每个平面部分的法线不能偏离这个平面部分正在近似的真实弯曲表面的法线超过 30 度。



F. 4.2.3

3．尽管现在有 HFSS v10.0 中使用的 Volume Perturbation 技术作辅助，但这并不预示着这个默认的面划分会足够解决谐振腔体，球状体等非常高精度的分析。

4．这个面划分默认并不包括严苛的纵横比默认（注意顶部和底部圆柱表面的长三角形）

二）然而这个默认对于大多数应用已经够用了。这些应用中的弯曲几何体本身对于仿真结果的要求并不是非常苛刻，但是在面分割较多的地方将会造成非常大的初始网格。

1．举例来说，可适用于：

1）具有信号和非信号通路的传输线模型的网格划分出现在带状线或 CPW 结构中来防止平行板模式。

2）同轴应用，这里内半径和外半径的面划分为得到特性阻抗的结果而保持一个合适的有效距离。

3）作为辐射边界使用的圆柱和球体。

2．较少地应用于：

1）圆柱腔谐振达到 0.001%频率精度
2）椭圆波导耦合窗
3）圆波导

三. HFSS 求解中体积微扰的介绍

一)尽管在自适应进程增加网格点的同时，会有更低的面划分“顺从”真实弯曲几何体，HFSS v10.0 还是引进了一项新的求解技术，这项技术能够从比先前的版本小得多的网格计算中获得更加精确的解。这项技术被称为体积微扰或体积修正。

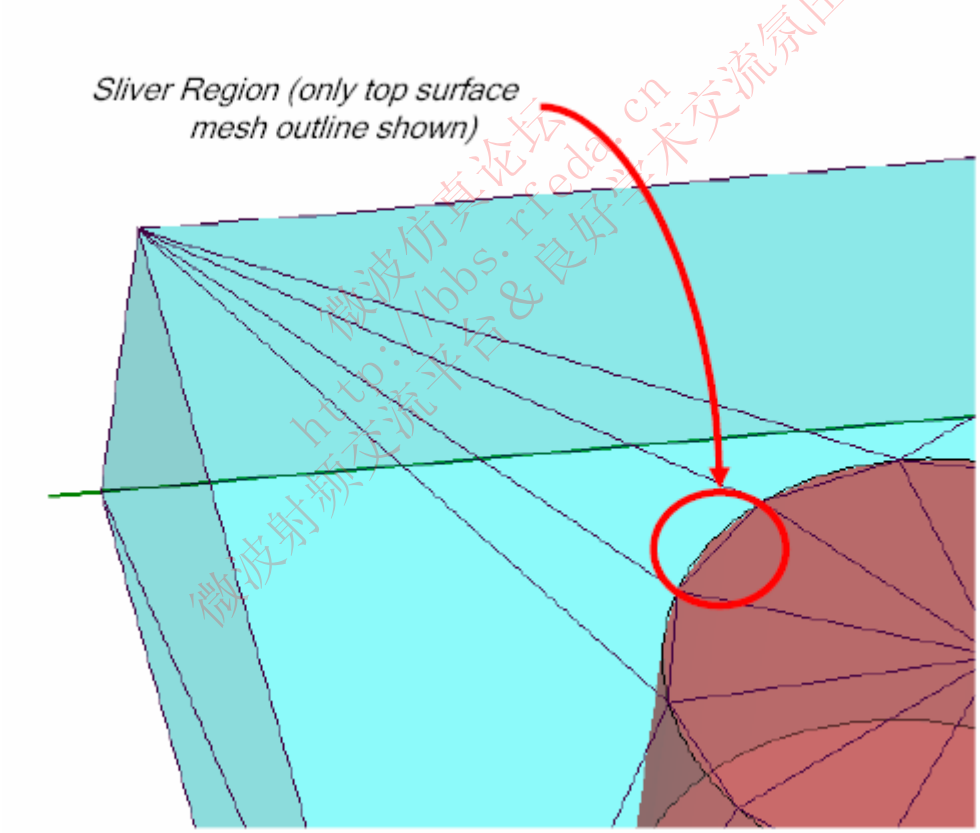
1.一个圆柱立体的一个面网格中，小弧度部分的体积被圆柱体遗失，成为圆柱周围体积的部分。

2.因为真实几何体的轮廓在面划分之前已经知道，所以这些长条区域中的每一个造成的体积差都是可以计算的。

3.HFSS v10.0 中的网格运算法则可以为四面体边心结点的位置和弯曲边界任何一侧的四面体体积提供“调整因素”，这样 FEM 求解就可以在一种宽松的离散化网格下在正确的条件下进行。

4.最终结果是在相同网格条件下得到更高的精确度，即使不考虑自适应网格细化的优点。

二)体积微扰求解始终是打开的。不需用要用户设置来激活。

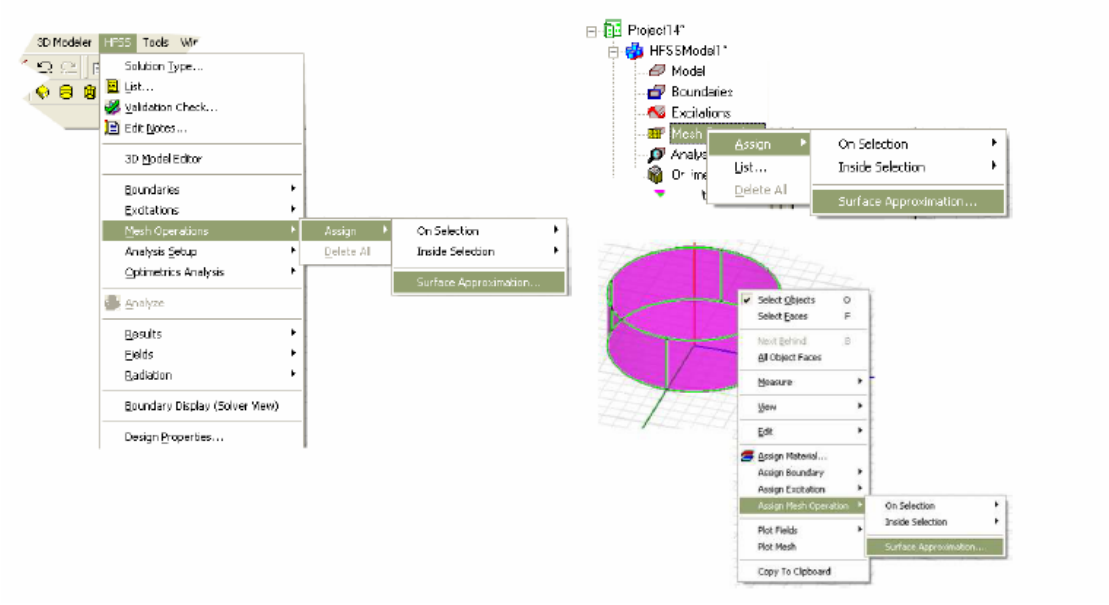


F. 4.2.4

四. 弯曲网格面划分的用户控制

一）因为体积微扰本身不是一直满足要求，使用者可以通过对适当的对象和/或目标表面设定 Operation Surface Approximations 来控制几何曲率的初始网格面划分时遵照的精度。

1. Mesh Operations 可以从 ***HFSS*** 菜单中，从 Design Tree 中或从几何分界面的环境相关菜单（就是下拉菜单）中设定。



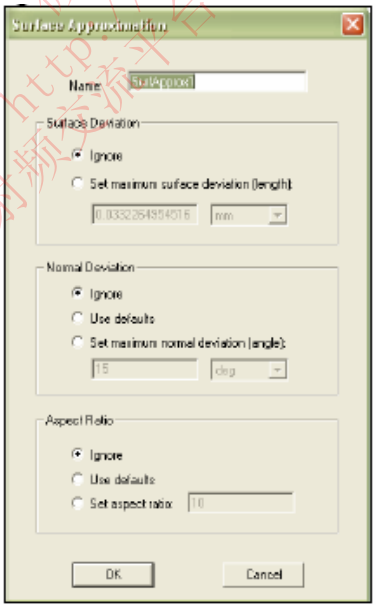
F. 4.2.5

2.表面近似选项如下所示。下面是解说：

1)*Surface Deviation* 是最大间隔，单位的作图的单位，四面体表面可以来自真实弯曲几何体的表面。

2)*Normal Deviation* 是四面体表面法线同你要描绘的真实几何体的表面法线之间的最大角度差，单位是度。

3)*Aspect Ratio* 涉及到选中的物体或表面的所有四面体的所有面所允许的纵横比的最大值。这个设置比实际的网格体积或表面位置更能影响网格质量。



F. 4.2.6

二）每一个设置能够被激活，设为默认，或完全关掉。

1. *Ignore* 意思是在产生初始网格时不会对这个强制进行赋值，甚至对于没有表面近似指令设置，HFSS 同样不设置。

2．Use Defaults 在内部构造设置中留下了强制约束，如果你不想加密这个结构也不想使结构无效的话选择它。

3．*Set*…当然用于提供一个用户强制值，这个强制值可能比用于无特殊说明的内部构造强制值或紧或松。

1）设置比默认较松的强制值可能也需要把邻近的物体设为相同宽松的的强制值，从而不会使默认在接口处优先。

五. 使用建议

一)不要重复指定。

1．一般说来，通过运行更多的自适应迭代或增加附加的网格指令，增加网格比减少网格容易。

2．太严苛的设置（例如 1 度的法线偏离）可能因为纵横比，和周围物体之间不好的网格梯度等原因造成不好的网格质量。

二)和垂直面或表面偏离设置一起使用纵横比设置。

1．对于圆柱类型物体曲面和平面相交的地方，垂直面和表面偏离设置只用于弯曲表面。最好还是设置一个纵横比（比如 4：1），这会在平面上强制生成几个附加三角形，并帮助保存更清洁的全部网格。

三)如果用于‘减少’网格可以考虑使用多面体或多边形。

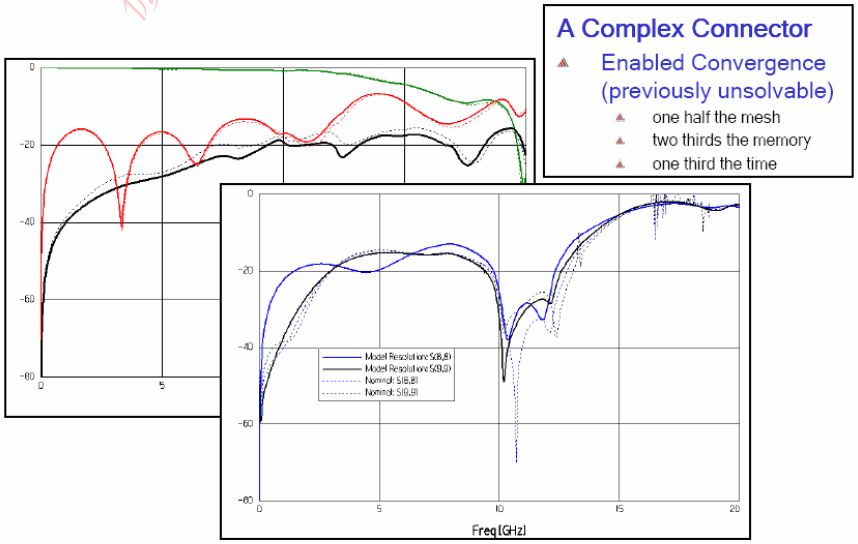
1．如果你的设计有许多弯曲的物体，而这些物体你只希望很粗糙地划分网格（例如接地通孔的整个栅栏，对它来说 30 度的默认法线偏离并不必要），而且你的几何体不是导入的，考虑把通孔画作六边形的或者干脆画成方形的，胜于还得‘记住’要降低对它们的网格划分的逼真度。

六. 模型分解

一)模型分解使模型收敛并减少计算时间。在先前的版本中如果四面体的数量太大，求解器用耗尽内存。它会一直试图在模型并不重要的区域增加网格成分。现在有了模型分解，我们可以降低网格大小，从而在内存成为问题之前在实际上获得收敛。

二)模型分解是一个基于长度的量，它改变初始的网格。这一网格操作允许用户为网格中使用的任何一个四面体指定一个最小的边缘长度。通过给一个四面体指定一个最小边缘长度，网格器将必须对电上可能不重要的几何细节粗糙地划分网格。这为求解器节约了大量的求解时间，因为初始网格更小了，网格器不必对电上不重要的区域增加网格分量。

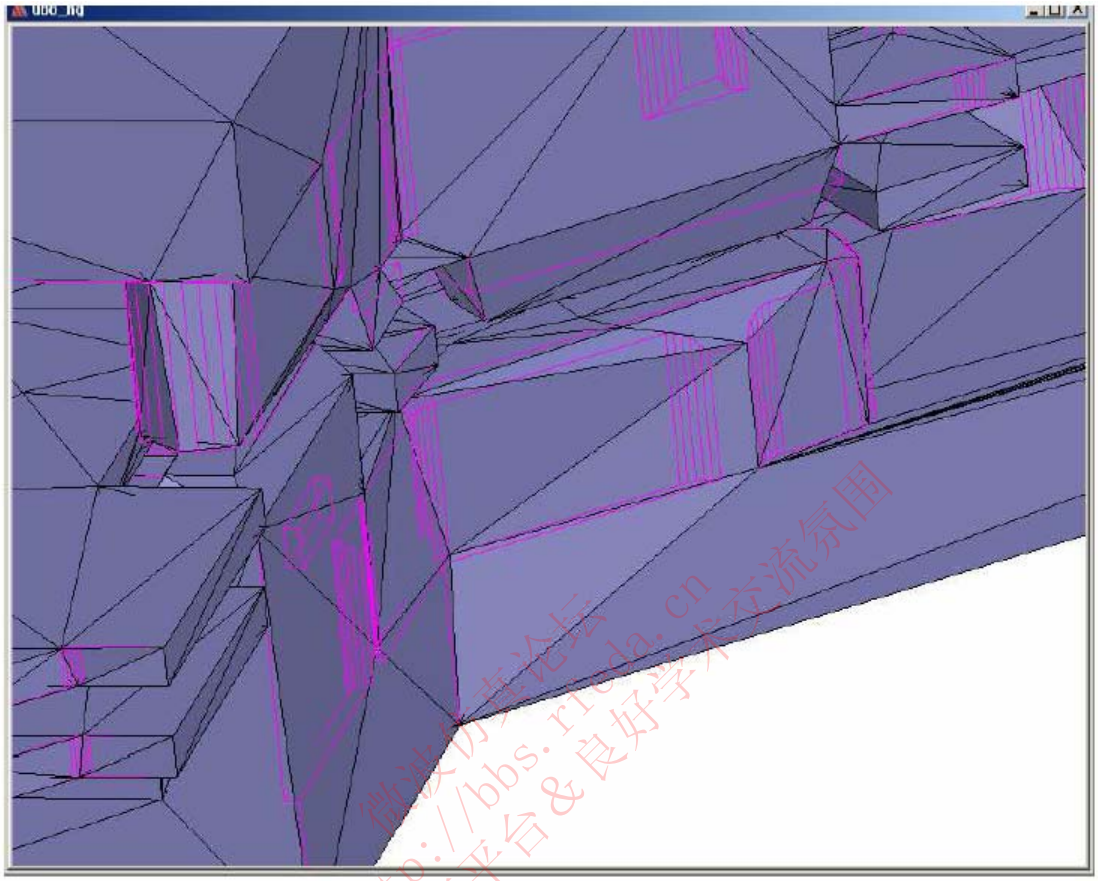
三)当解决因为具有小的几何细节而具有很高纵横比的模型时，开始时使用最薄导体的 1/10 到 1/20 做模型分解。然后根据需要调整这个值。



F. 4.2.7

四)实际例子

1．这是一个得益于模型分解的复杂设计的一部分。灰色的轮廓是简化的模型。粉红色线是原模型细节，因为网格操作而被移动了。原模型的初始网格具有 184，675 个四面体。模型分解之后，初始网格为 24，691 个四面体。



F. 4.2.8

七. 网格操作应用

一)如果你想在一个面或体上细化网格而又不想得到解，定义好网格格操作之后做下面的操作：

1．如果当前的网格已经生成，HFSS 会使用定义的网格操作细化它。
2．如果当前的网格没有被生成，HFSS 会使用网格操作来初始化网格。
3．如果初始网格没有被生成，HFSS 会生成它并将网格操作应用于初始网格。
4．如果定义的网格操作已经应用于选中的面或物体，当前的网格将被改变。
5．定义一个新的网格操作胜于修改一个已经存在的网格操作。HFSS 不会再使用一个已经修改过的网格操作。应用网格操作而不求解能够让你在一些问题区域中对网格细化进行练习而不会失去设计的求解结果。你不能撤消已使用的网格操作，但是你可以通过关闭工程而不保存来放弃操作。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第三节 举例

标准的圆柱（pillbox）谐振腔

一. 来源：（规范的）

二. 描述

一个圆柱（pillbox）谐振腔是一个简单的圆柱腔体，它的精确谐振的解析解如下：

$$f_r^{TE_{mnp}} = \frac{c_\varepsilon}{2}\sqrt{\left[\frac{q_{nm}^2}{(\pi b)^2}+\frac{p^2}{l^2}\right]}$$

$$f_r^{TM_{mnp}} = \frac{c_\varepsilon}{2}\sqrt{\left[\frac{p_{nm}^2}{(\pi b)^2}+\frac{p^2}{l^2}\right]}$$

1. （n,m,p）次 TE 和 TM 模的方程，这里的 p 是腔体轴线方向半波变化的数量。
2. p_{nm}和q_{nm}表示贝赛尔函数零点或它们的派生物。
3. b是腔体半径，l是腔体高度。
4. c_ε是填充介质中的光速。

三. 基准

一）一个 *b*=10cm,*l*=10cm 圆柱物体被创建。

二）腔内是真空；壁边界是良导体。

三）要求求解三个本征模，使用表面近似改变法线偏离。

1. *norm* 从 5 度到 45 度变化，步长为 5 度。
2. *Aspect ratio* 设为 5：1；表面偏离设为“忽略（ignore）”。
3. 求解设置以 0.25GHz 为起始频率（通过表面近似设置确保起始频率不会会增加网格超过那些设置）
4. 求解会继续到 0.01%delta-f(实部)或 10 次迭代，以首先达到的为准。

四）结果对比理论计算的表格如下页所示

1. 贝赛尔函数零点会被计算到大约小数点后五位（例如p_{11}=1.84118）
2. 使用的光速为 299792458m/s

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围

四. 结果

Normal Deviation (deg)	HFSS TM010 Result (GHz)	Delta vs. Theory (%)	HFSS TE111 Result 1 (GHz)	HFSS TE111 Result 2 (GHz)	Avg. Delta vs. Theory (%)	Final Tetrahedra Count	Final Delta-f Convergence (%)
5	1.147406	0.001482	1.7361	1.736118	0.0756005	3347	0.0067755
10	1.147345	0.006798	1.73307	1.733154	0.2480399	2670	0.0077428
15	1.147124	0.026058	1.72758	1.727638	0.5647448	1882	0.022301
20	1.146748	0.058827	1.7192	1.719607	1.0370537	1060	0.042848
25	1.146623	0.069721	1.71165	1.712348	1.4632887	1087	0.040982
30	1.146196	0.106935	1.69707	1.697355	2.3142622	1008	0.052023
35	1.145602	0.158703	1.68868	1.688798	2.8019963	890	0.12154
40	1.144962	0.214481	1.67654	1.677916	3.4645009	887	0.033112
45	1.144962	0.214481	1.67654	1.677916	3.4645009	887	0.033112

F. 4.3.1

五. 观察

一）在有高次模的情况下，绝对错误是因为不考虑法线偏离面划分应用，高频的模式更高。

1. 因为一些求解依赖于‘起始’频率，这也是意料之中的。
2. 增加自适应分量在各个模式之间‘共享’。但是高次模与那些基础模式相比具有更多‘聚焦’的场最大值。所以对低次模更加快速的改进是自适应技术的产物，并非一个体积修正就能有力地影响。
3. 注意对于更高频率模式更高精确度的分析，求解可以按照想要找到最低频率模式的求解设置来执行。
4. 对于基模求解甚至 22.5 度设置都会比 0.05%误差得到更好的结果。

二）40 和 45 度的案例拥有同样的网格和结果。

1. 当习惯于‘减少’网格时，其它质量监视可能仍然对结果进行约束，而不仅仅是表面近似设置要求的那样。

六. 总结

对于简单规范的形状和基模，增加面分割是不必要的，除非有非常高的精度要求。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流空间

例二：开槽的半球介质谐振天线

一. 来源：

K.K.So 和 K.W.Leuny,”具有后腔的环形缝隙激励的介质谐振天线，”2002 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, TX, June2002,Volume 4

二. 描述

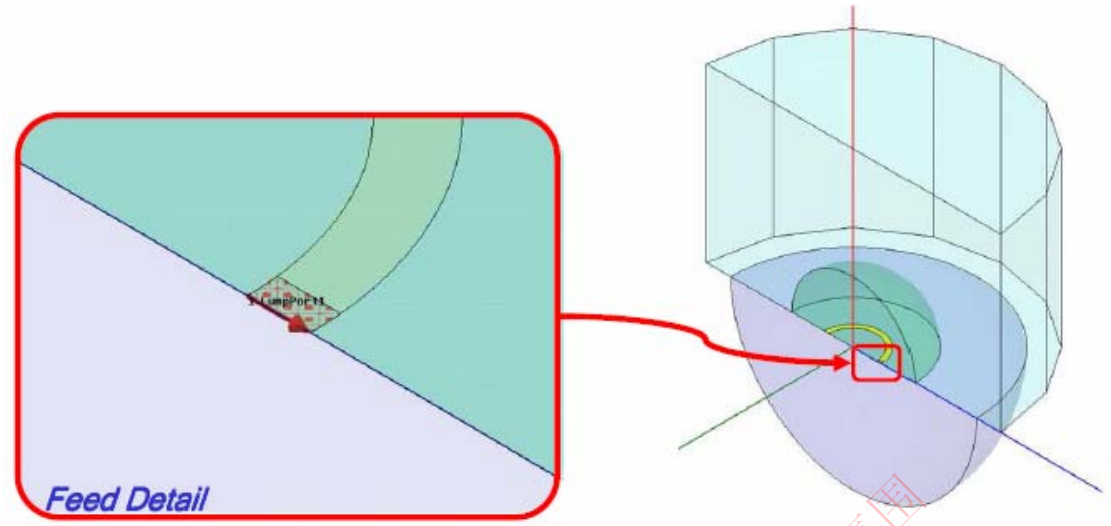
一个半球介质谐振腔天线（DRA）由一段通过环孔缝隙的同轴电缆馈电。这个环孔缝隙把这个 DRA 连接到它下面的半球腔体上。这个工程是一个球体和平面圆弧的结合，它将为体积修正方法的有用性提供有力的证据。源文献提供了来自作者的分析结果和测量结果。

三. 基准

一幅建模的几何体的图如右下所示。

1. 使用对称（1 个平面）
2. 腔体（真空填充）半径为 25mm；DRA 半径为 12.5mm。DRA 材料介电常数为 9.5。

3．环孔外半径 5.8mm，宽 1mm。
4．馈电由一个跨越环孔的集总缝隙源端口实现。（见细节图）
5．一个 30mm 半径 35mm 高的多面体（16 面）被用来做辐射边界。
1）底部地面作‘无限地面’边界条件处理。

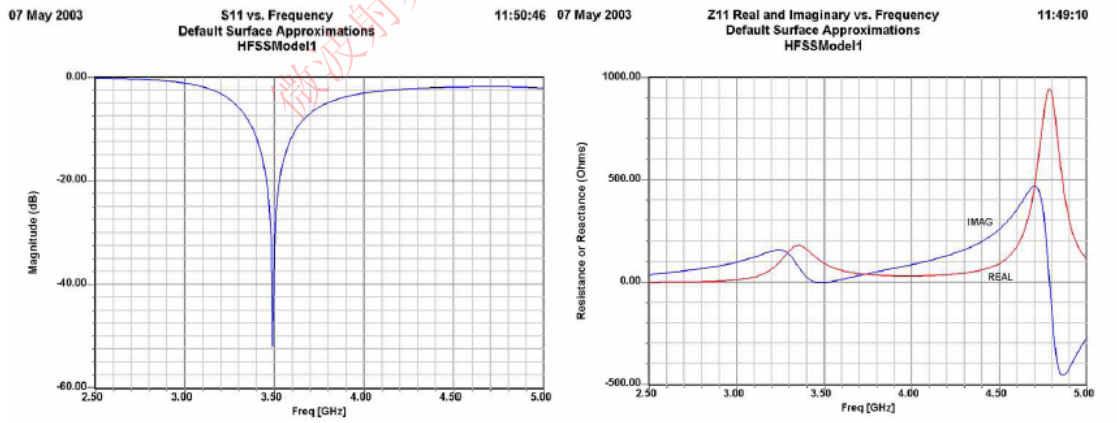


F. 4.3.2

6．求解只要求使用 *default* 表面近似
1）10 个自适应过程或在 3.75GHz 的自适应频率达到 0.01 的 delta-S。
2）要求 2.5-5GHz 的快扫描。

四． 结果：

一）下面是 S11 vs. 频率的图和 Z11 的实部和虚部 vs.频率的图。
二）结果与源文献报告的测量结果几乎完全一致，而且与源文献的分析相比更接近测量值。
三）HFSS v8.5 求解事实上得到了相同的结果，但是需要大约四倍的网格数。
1．3324 个网格在第八次迭代（v10）vs.13，300 个网格在第十一次迭代（v8.5）



F. 4.3.3

五． 总结：

一）这是一个体积微扰非常适用的工程的例子，这里的介质微扰通过提供适当的介质谐振体积来实现的。
1．过去每个圆周拥有多达 24 个面而不使用体积微扰的实验证实了一个显著的频率错误，所以

在这个成功里新的求解能力所起的作用显而易见。

二）在所有条件下甚至是默认情况下求解的精度都非常好，大大超过了 HFSS v8.5 的能力。

1．第二次仿真使用了 15 度的法线偏离得到了同样的结果和很好的收敛性，依然打败了 HFSS v8.5 所需的网格。

例三：加速器轮辐腔应用

一． 来源：

http://www.jlab.org/~piller/spoke/spoke.htm

二． 描述：

一个用于离子加速器的轮辐腔。这个变量是一个‘低 Beta’类型。腔体由一个从平面端减去球形部分的圆柱体组成。‘轮辐’是一个轴线与主腔体轴线正交的更小的圆柱体，在直径上穿过中心线。有一个输入/输出波束管与主腔体同轴运转，离开两个球状终端。因为对称这些腔体经常用 PHC 边界来分析整个模型的 1/8。

三． 基准：

一幅来自 HFSS 图形界面的模型腔体几何图如下所示。

1．主腔体半径 21.908cm，高 25.4cm。

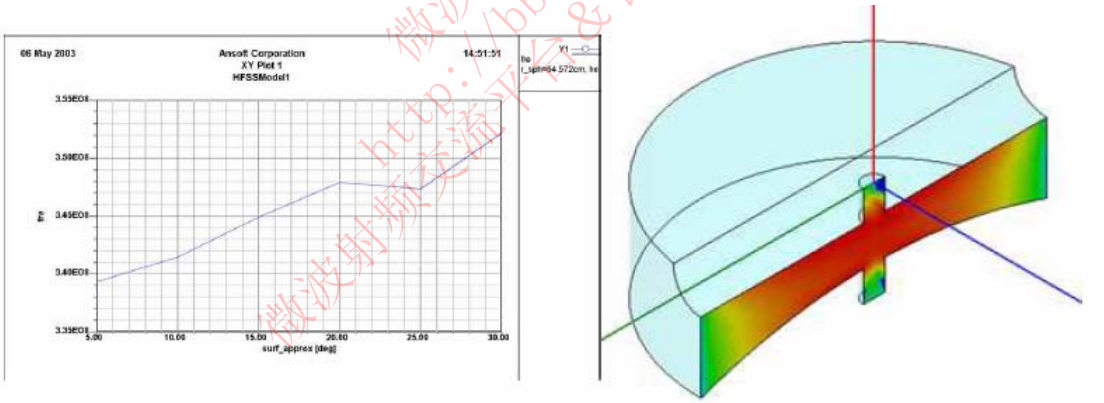
2．减去的球体半径为 64.572cm。

3．轮辐半径为 3.81cm，波束管半径 1.359cm。

4．在法线偏离从 5 度到 30 度的情况下求解（作为参数扫描）

1）求解设置 10 步或 delta-f 为 0.01%（实部）

2）波束端口设为 PHC 边界，端口负载并不包含在这些仿真结果之中。



F. 4.3.4

四． 结果：

一）一幅求解得到的谐振频率 vs.使用的法线偏离表面近似设置的曲线如上左图所示。表格结果在下面，包括网格和误差稳定性。

二）参考站点指出使用一种对该腔体不同的求解方法得到了 338.048MHz 的谐振频率，但测量结果得到的是 348.578MHz。两者的 Delta 如下表所示。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

Normal Deviation (deg)	f_r (MHz)	Delta vs. Ref. Analysis (%)	Delta vs. Ref. Measurement (%)	Final Tetrahedra Count	Final Delta-f Convergence (%)
5	339.332	0.379827717	2.652490978	21160	0.0021053
10	341.486	1.017015335	2.034551808	9425	0.011095
15	344.907	2.029001799	1.053135884	4246	0.10175
20	347.903	2.915266471	0.19364389	3356	0.1472
25	347.353	2.752567683	0.351427801	3757	0.016916
30	352.195	4.184908652	1.037644372	2601	0.3341

F. 4.3.5

五. 观察：

一）因为参考分析和测量并不匹配，两者都不能作为 HFSS 结果的绝对精确性的有效参考。

1. 测量是对一个在波束管处拥有端口负载和一个探针环的腔体进行测量，而这些东西本身会对结果造成轻微影响。

二）随着法线偏离约束变得越来越严格，谐振频率变化的趋势非常接近线性。

三）在步数相同的情况下更细密的面划分会得到更好的报告收敛性。

四）V8.5 在求解的最后一步之后仍然不能达到低水平的收敛性。所以它只是一致地接近 HFSS v10 最精确的解。使 HFSS v8.5 的解达到好的收敛性胜于 HFSS v10 报告的有限数量的四面体获得更多的网格。

六. 总结：

网格不会产生不适当的体积填充或明显不正确的结果。这是一个几何类型，对于这种类型提高面划分程度只是改善结果的收敛度和最终结果的输出。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&电磁学术交流空间

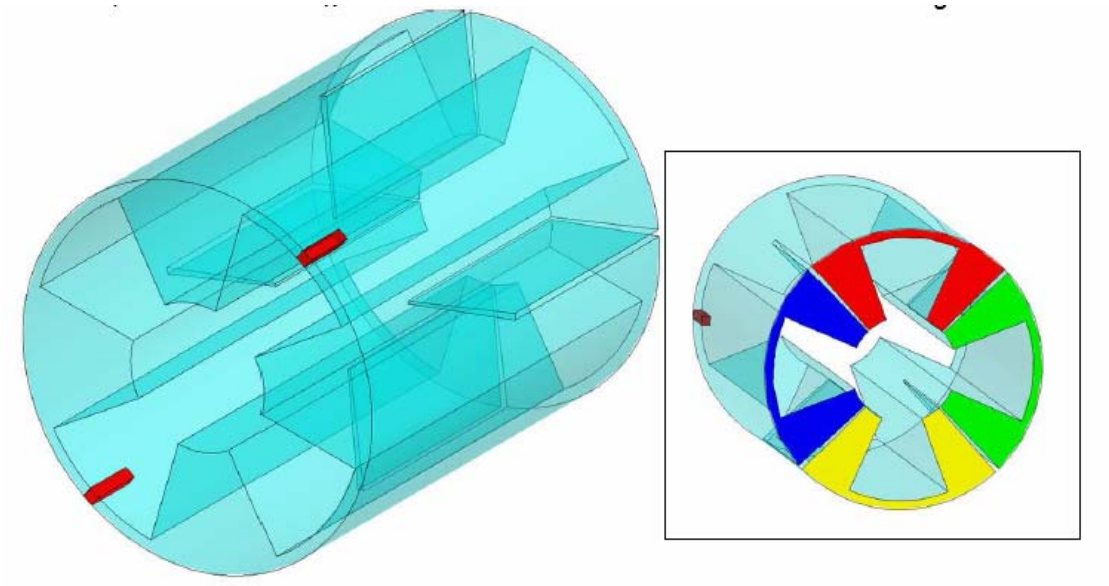
圆波导正交本征模接头（OMJ）

一. 来源：

Henry Z. Zhang, “一种使用脊形波导的宽带正交模接头，” Proceedings of the 2002 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, TX, June 2002, Volume 4

二. 描述：

这个四分之一波长正交模接头（OMJ）使用一种锥形的隔板将一个圆，同轴，方脊波导变换成四个形状合适的脊波导。这个波导拥有和矩形单脊波导 analagous 的模式。锥形隔板用圆形横截面截断的应用在实际画图中是很必要的。



F. 4.3.6

三. 基准：

一）几何模型如上图所示，尺寸如下：

1. 外半径 160mm，脊直径 150mm，中心直径 60mm。
2. 脊对应角度为 45 度，有 90 度的均匀间隔。
3. 隔板对应 2 度，延伸半个建模部分的长度（400mm）。
4. 两个 $\varepsilon_r = 1.001$（红色区域）的小‘干扰’被插入波导一端来为简并模状态提供稳定性。

二）HFSS v10 工程由 v8.5 工程和求解网格表面近似设置直接转化生成，

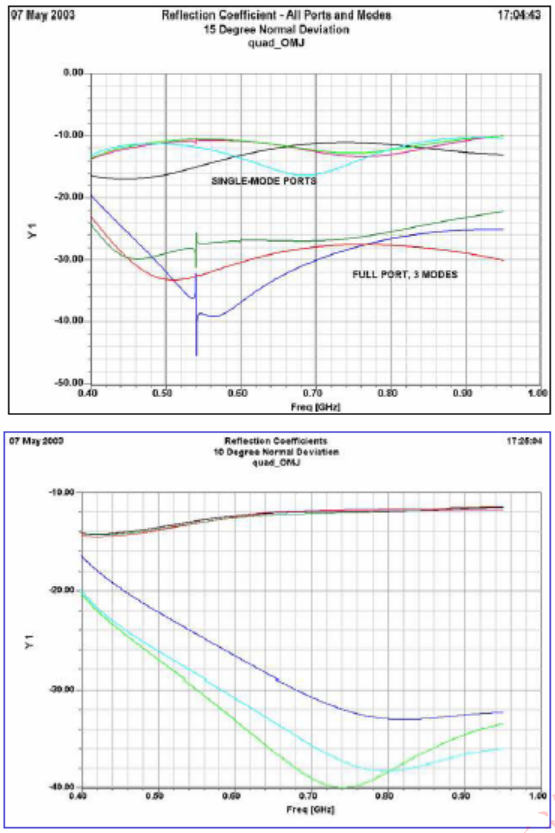
1. 900MHz 自适应，400-950MHz 扫频。
2. 10 步或达到 0.009 的 Delta-S。
3. 允许 10 和 15 度的法线偏离。

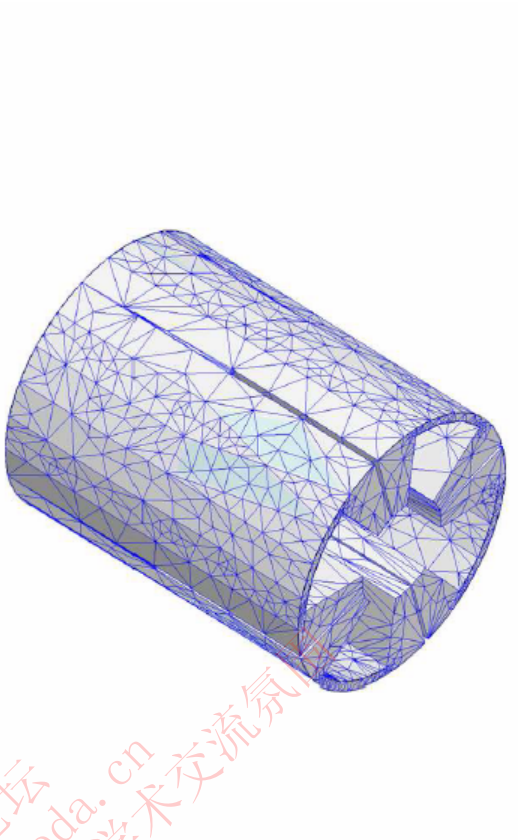
四. 结果：

一）求解结果如下所示，关注回波损耗。

1. 15 度法线偏离的结果依然不稳定。
   1）Delta-S 为 0.0342；最终网格为 16，177 个四面体。
2. 10 度法线偏离的结果令人满意。
   1）Delta-S 为 0.00752；最终网格为 15，897 个四面体（如图）。

微波射频交流平台 微波仿真论坛 bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围





F. 4.3.7

五. 总结：

一）由于脊峰处很窄的环形缺口，这种几何类型不使用以更细密的表面近似设置为形式的用户向导只会得到不好的网格划分，这种几何类型也提供了一个例子证明了这样的指导是必需的。

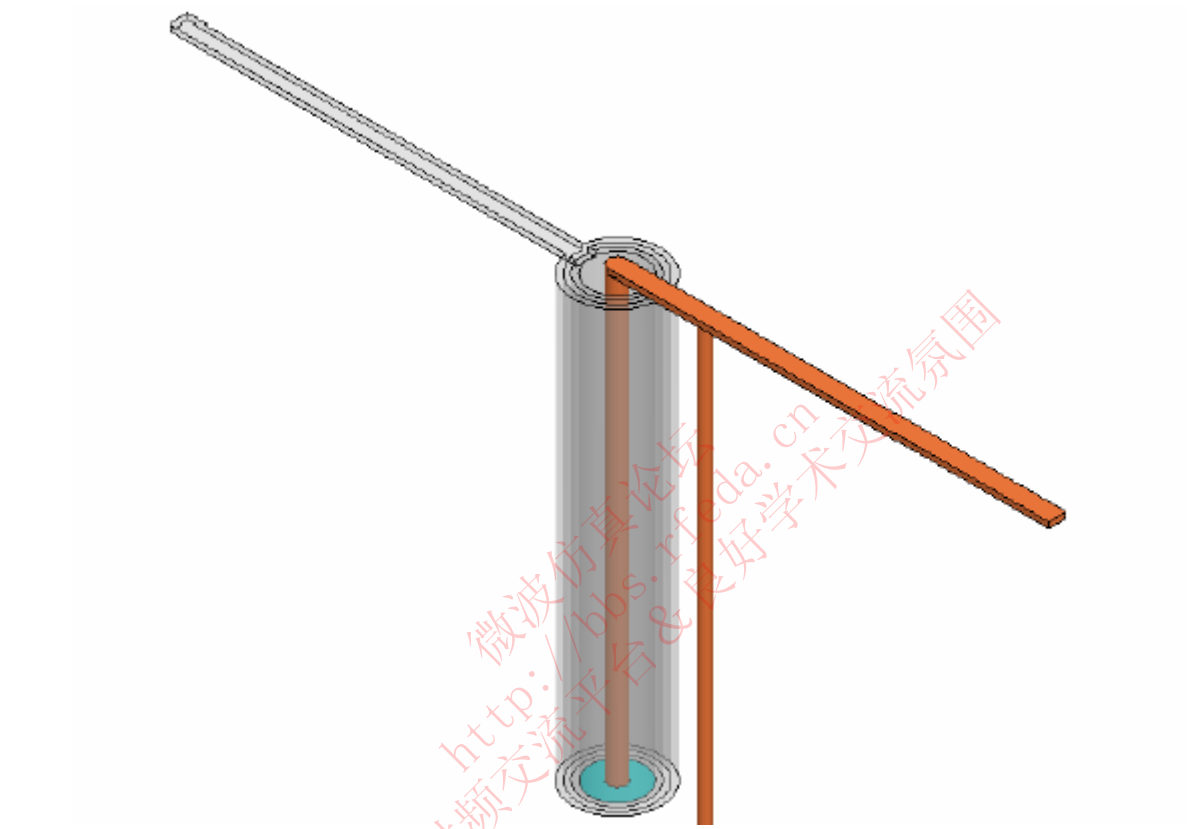
二）然而，10 度面划分时比 15 度面划分时结果收敛性更好，最终的网格数更小。所以在几何案例中，为了得到好结果而需要表面近似的地方，并不意味着更长的求解时间。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

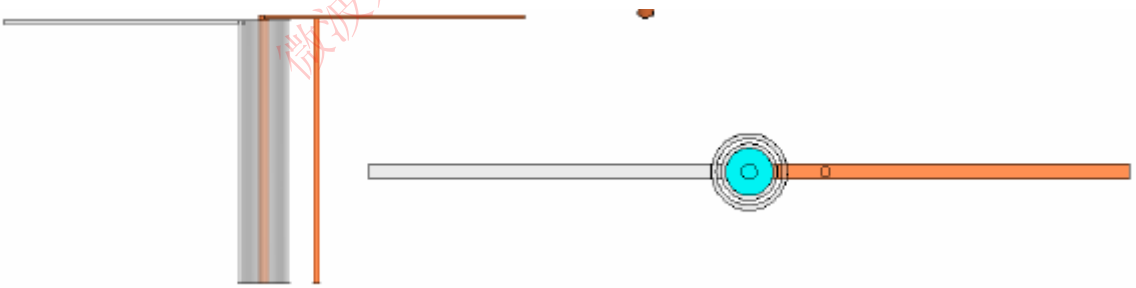
第五章 天线实例

第一节 超高频探针天线

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析一个超高频探针天线



F. 5.1.1



F. 5.1.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一、Ansoft HFSS 设计环境

一）Ansoft HFSS 的以下特性将会应用到此无源器件的模型中

1．3D 立体建模

1）原始结构：**圆柱体（Cylinders），长方体（Boxes）**

2）布尔运算：**结合（Unite），相减（Subtract）**

2．边界条件和激励

端口：**波端口（Wave ports）**

3．分析

扫频：**快速扫频（Fast Frequency）**

4．结果

笛卡尔坐标系绘图（Cartesian plotting）

5．场分布：

3D 远场分布图（3D Far Field Plots）

二、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。

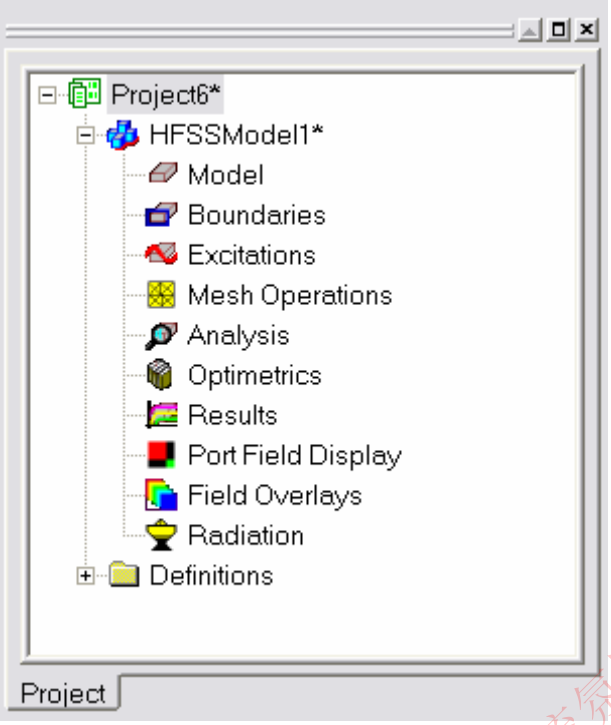
3）点击 **OK** 按钮

三）**打开一个新工程**

1．在Ansoft 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）***。

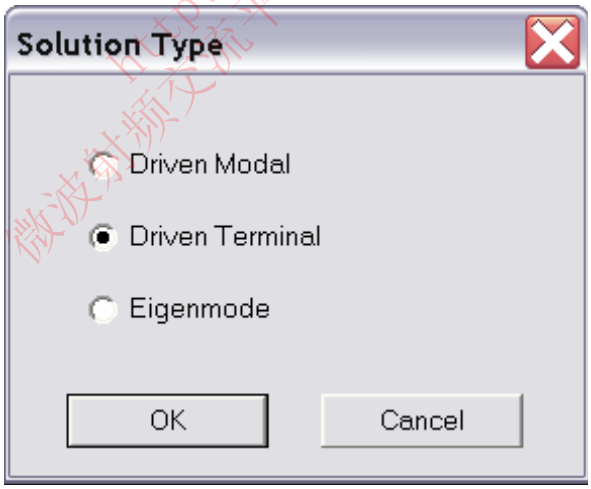
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 5.1.3

四）设置解决方案类型（**Set Solution Type**）

1. 选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***
2. 解决方案类型窗口：
   1）选择**终端驱动（Driven Terminal）**
   2）点击 **OK** 按钮。



F. 5.1.4

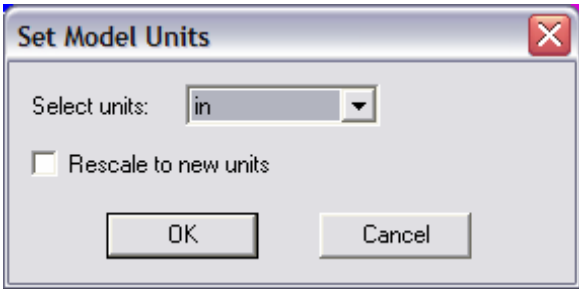
三、建立 3D 模型

一）设置模型的单位

1. 选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>单位（Units）***
2. 设置模型单位：
   1）选择单位：**英寸（in）**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

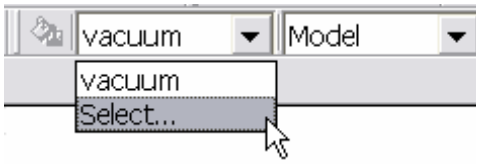
2）点击 **OK** 按钮



F. 5.1.5

二）设置缺省材料

1．利用 3D 模型的材料工具栏，点**选择（Select）**

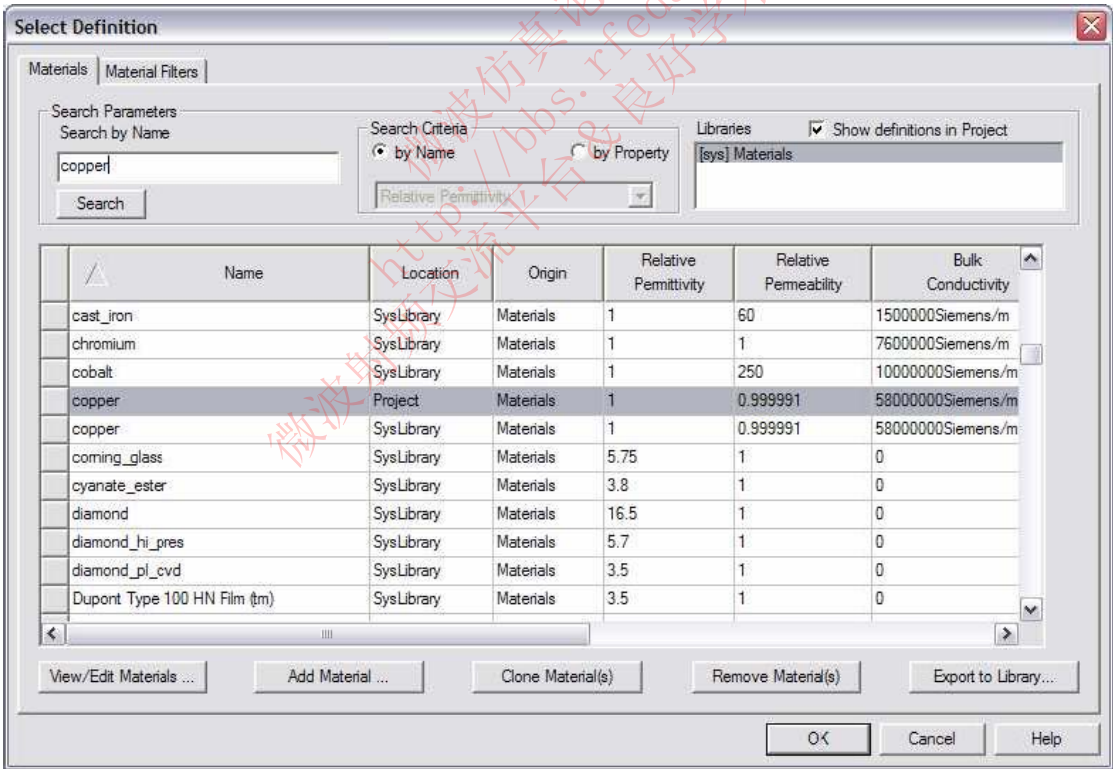


F. 5.1.6

2．选择定义窗口：

1）在**以名称查找栏（Search by Name）**输入**铜（copper）**

2）点击 **OK** 按钮



F. 5.1.7

三）建立环孔

1．通过建立两个圆柱，一个表示外径、一个表示内径，来建立一个环。进行布尔相减操作，得到的几何形状即为一个环。

2．对于此模型，需要建立两个环。可以建立一个环，复制，然后编辑复制品的尺寸来得到另一

个环，代替手动建立两个环。

3. 建立环 1

1）建立内圆柱

a. 选择菜单中的*画图（Draw）>圆柱 Cylinder*

b. 利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

c. 利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**0.31**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

d. 利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**5.0**，按**回车**键

2）设置名称：

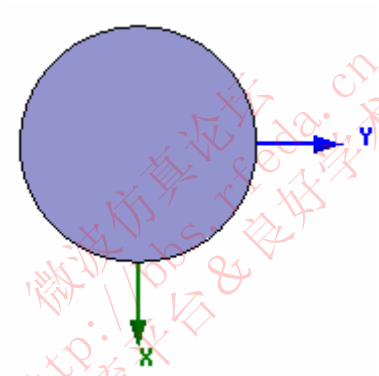
a. 在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签

b. 在**名称值（Value of Name）**处输入：**ring_inner**

c. 点击 **OK** 按钮

3）使模型适合视图：

选择菜单中的*视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）*。或者按 **CTRL+D** 键。



F. 5.1.8

4）建立外圆柱

a. 选择菜单中的*画图（Draw）>圆柱 Cylinder*

b. 利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

c. 利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**0.37**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

d. 利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**5.0**，按**回车**键

5）设置名称：

a. 在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

b. 在**名称值（Value of Name）**处输入：**ring_1**

c. 点击 **OK** 按钮

6）两圆柱相减以建立环

a. 选择要相减的两个圆柱

a）选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）*

b）选择对象对话框：

- 选择对象的名称：**ring_1**，**ring_inner**

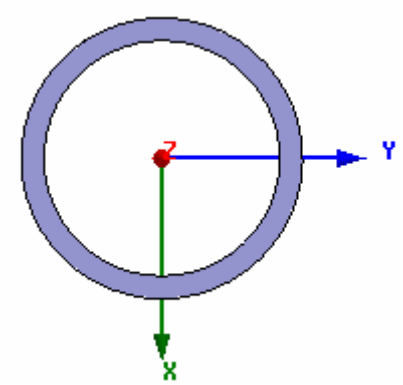
- 点击 **OK** 按钮

b．相减

a）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>布尔运算（Boolean）>相减（Subtract）***

b）相减窗口

- 被减部分（Blank Parts）：**ring_1**
- 要减去的部分（Tool Parts）：**ring_inner**
- 在相减前克隆要减去的对象（Clone tool objects before subtract）：**不选**
- 点击 **OK** 按钮



F. 5.1.9

4．建立环 2

1）选择菜单中的***编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）***

2）选择对象对话框：

a．选择对象名称：**ring_1**

b．点击 **OK** 按钮

3）选择菜单中的***编辑（Edit）>复制（Copy）***

4）选择菜单中的***编辑（Edit）>粘贴（Paste）***

5．改变环 2 的尺寸

1）为了改变环 2 的尺寸，展开**模型树图（model tree）**，如下所示。应该注意到编辑的顺序是很重要的。如果先设定内径>然后外径，将得到一个无效的对象，并且将从模型中去除。

2）在 **ring_2** 的**建立圆柱（CreatCylinder）**命令上双击鼠标左键

3）属性对话框

a．更改半径为：**0.5in**

b．点击 **OK** 按钮

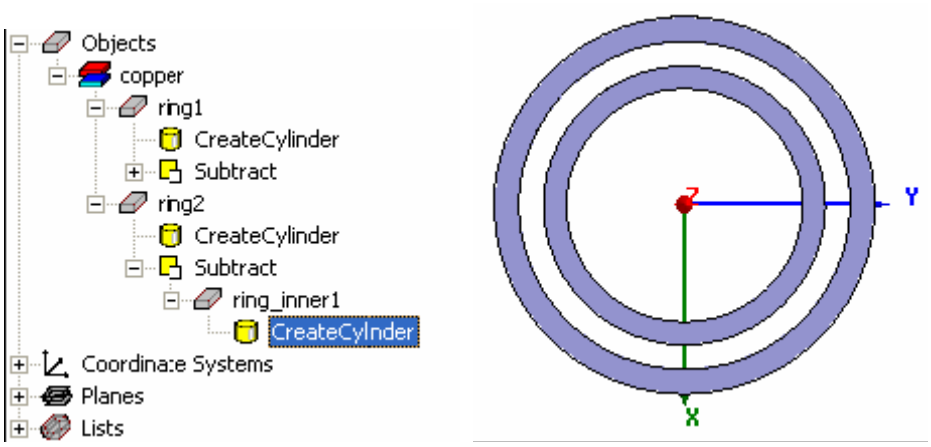
4）在 **ring_inner1** 的**建立圆柱（CreatCylinder）**命令上双击鼠标左键

5）属性对话框

a．更改半径为：**0.435in**

b．点击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 5.1.10

6. 建立 **Arm_1**

1）选择菜单中的*画图（Draw）>长方体（Box）*

2）利用坐标输入栏，输入长方体的位置

X：**-0.1**，Y：**-0.31**，Z：**5.0**，按回车键

3）利用坐标输入栏，输入基准长方形的对角：

dX：**0.2**，dY：**-4.69**，dZ：**0.0065**，按回车键

4）设置名称：

a. 选择性质窗口的属性标签

b. 在名称值（**Value of Name**）处输入：**Arm_1**

c. 点击 **OK** 按钮

5）使模型适合视图：

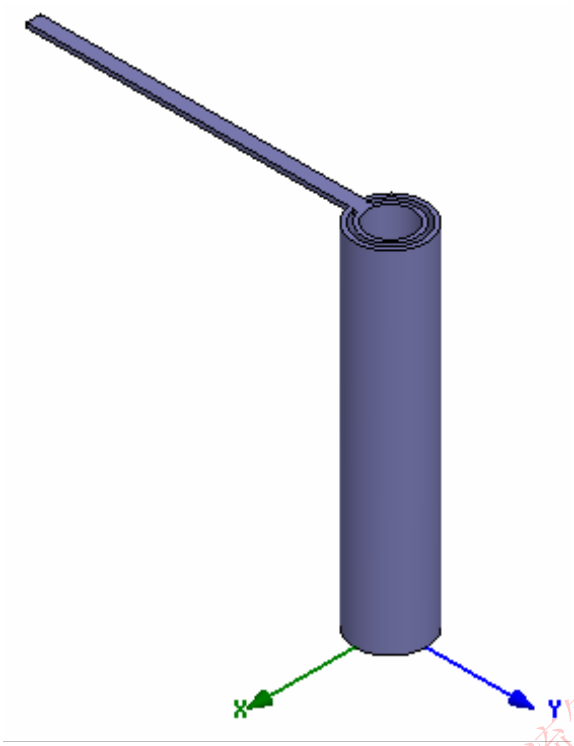
选择菜单中的*视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）*。或者按 **CTRL+D** 键。

7. 组合导体

1）选择菜单中的*编辑（Edit）>选择所有可见的（Select All Visible）*。或者按 **CTRL+A** 键

2）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>布尔运算（Boolean）>结合（Unite）***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F. 5.1.11

8．建立中心管角

1）选择菜单中的***画图（Draw）>圆柱 Cylinder***

2）利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按回车键

3）利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**0.1**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按回车键

4）利用坐标输入栏，输入高度：

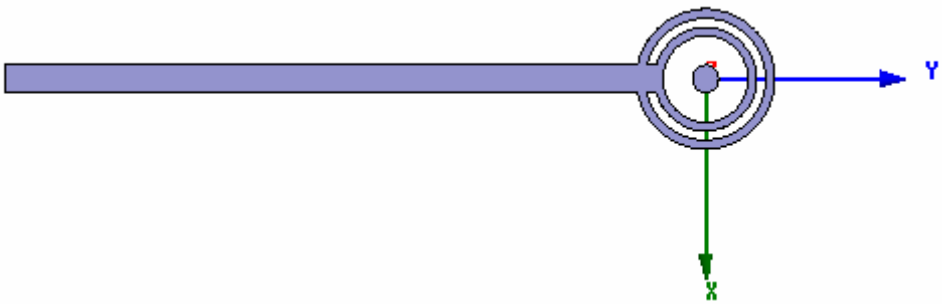
dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**5.1**，按回车键

5）设置名称：

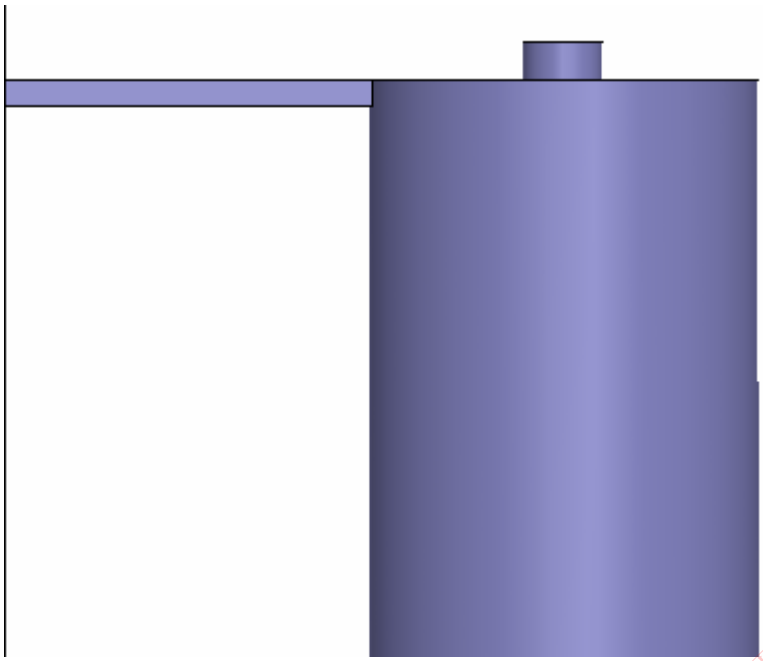
a．在性质（**Properties**）窗口选择属性（**Attribute**）标签.

b．在名称值（**Value of Name**）处输入：**center_pin**

c．点击 **OK** 按钮



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 5.1.12

9．建立 **Arm_2**

1）选择菜单中的*画图（Draw）>长方体（Box）*

2）利用坐标输入栏，输入长方体的位置

X：**-0.1**，Y：**0.0**，Z：**5.1**，按回车键

3）利用坐标输入栏，输入基准长方形的对角：

dX：**0.2**，dY：**5.0**，dZ：**-0.0065**，按回车键

4）设置名称：

a．选择性质窗口的属性标签

b．在名称值（**Value of Name**）处输入：**Arm_2**

c．点击 **OK** 按钮

5）使模型适合视图：

选择菜单中的*视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）*。

10．建立接地管角

1）选择菜单中的*画图（Draw）>圆柱 Cylinder*

2）利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**1.0**，Z：**0.0**，按回车键

3）利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**0.0625**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按回车键

4）利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**5.1**，按回车键

5）设置名称：

a．在性质（**Properties**）窗口选择属性（**Attribute**）标签.

b．在名称值（**Value of Name**）处输入：**pin**

c．点击 **OK** 按钮

11．组合导体

1）选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）*

2）选择对象对话框

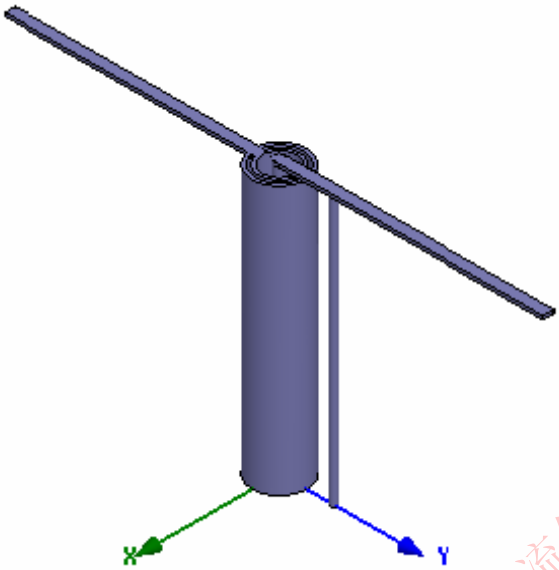
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

a．选择对象名称：**Arm_2, center_pin, pin**

注意：用 **CTRL+鼠标左键**可以选择多个对象

b．点击 **OK** 按钮

3）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>布尔运算（Boolean）>结合（Unite）***



F. 5.1.13

四、建立波端口

一）建立一个圆表示端口：

1．选择菜单中的***画图（Draw）>圆 Circle***

2．利用坐标输入栏，输入圆的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

3．利用坐标输入栏，输入半径：

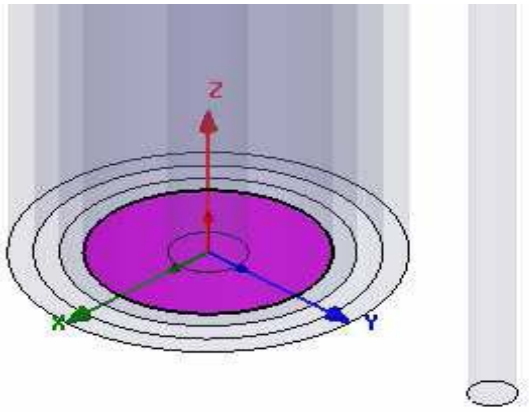
dX：**0.31**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

二）设置名称

1．在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

2．在**名称值（Value of Name）**处输入：**p1**

3．点击 **OK** 按钮



F. 5.1.14

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三）设置缺省材料

利用 3D 模型材料工具栏，选择**真空（Vacuum）**

四）建立空气

1．选择菜单中的*画图（Draw）>长方体（Box）*

2．利用坐标输入栏，输入长方体的位置

X：**-5.0**，Y：**-10.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

3．利用坐标输入栏，输入基准长方形的对角：

dX：**10.0**，dY：**20.0**，dZ：**12.0**，按**回车**键

4．设置名称：

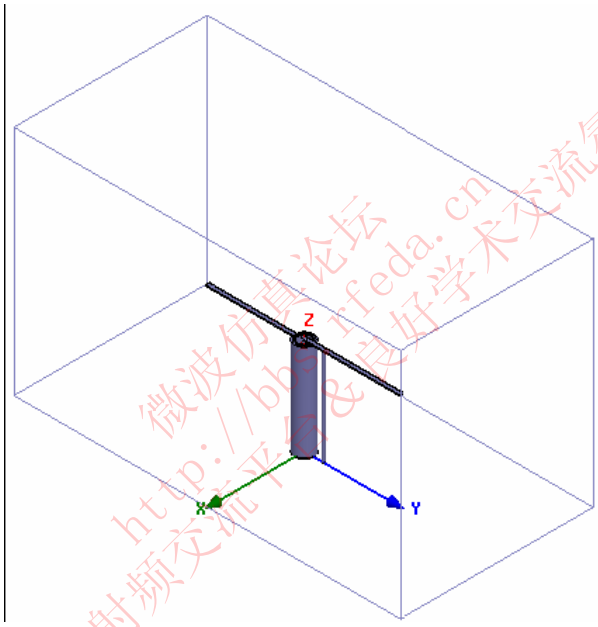
1）选择性质窗口的**属性**标签

2）在**名称值（Value of Name）**处输入：**Air**

3）点击 **OK** 按钮

5．使模型适合视图：

选择菜单中的*视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）*。



F. 5.1.15

五）建立辐射边界条件

1．选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）*

2．选择对象对话框

1）选择对象名称：**Air**

2）点击 **OK** 按钮

3．选择菜单中的 ***HFSS>边界（Boundaries）>指定（Assign）>辐射（Radiation）***

4．辐射边界窗口

1）名称（Name）：**Rad1**

2）点击 **OK** 按钮

六）建立波端口激励 1

1．选择对象 **p1**：

1）选择对象名称：**p1**

2）点击 **OK** 按钮

2．指定波端口激励

1）选择菜单中的 ***HFSS>激励（Excitations）>指定（Assign）>波端口（Wave Port）***

2）波端口：**常规（General）**

a．名称：**p1**

b．点击**下一步（Next）**按钮

3）波端口：**终端（Terminals）**

a．终端（Terminals）数目：**1**

b．对于 T1，点击**未定义（Undefined）**栏并选择**新建线（New Line）**

c．利用坐标输入栏，输入向量的位置

X：**0.31**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

d．利用坐标输入栏，输入向量顶点

dX：**-0.21**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

e．点击**下一步（Next）**按钮

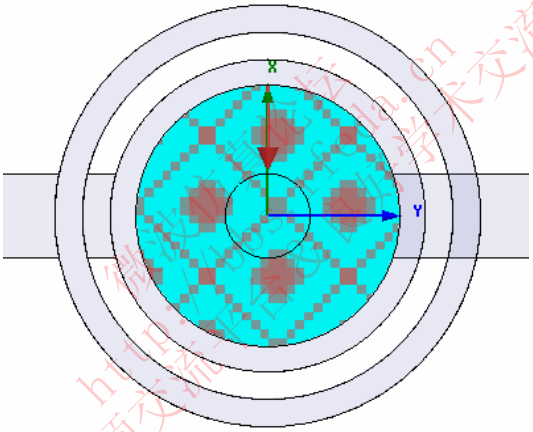
4）波端口：**差分对**

点击**下一步（Next）**按钮

5）波端口：**后加工**

参考阻抗：**50**

6）点击**完成（Finish）**按钮



F. 5.1.16

七）建立无限大地平面

1．选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>面（Face）*

2．选择空气盒子 Z=**0** 的面

3．选择菜单中的 ***HFSS>边界（Boundaries）>指定（Assign）>有限电导率（Finite Conductivity）***

4．有限电导率边界窗口

1）名称（Name）：**gnd_plane**

2）使用材料（Use Material）：**勾上**

3）点击**真空（vacuum）**按钮

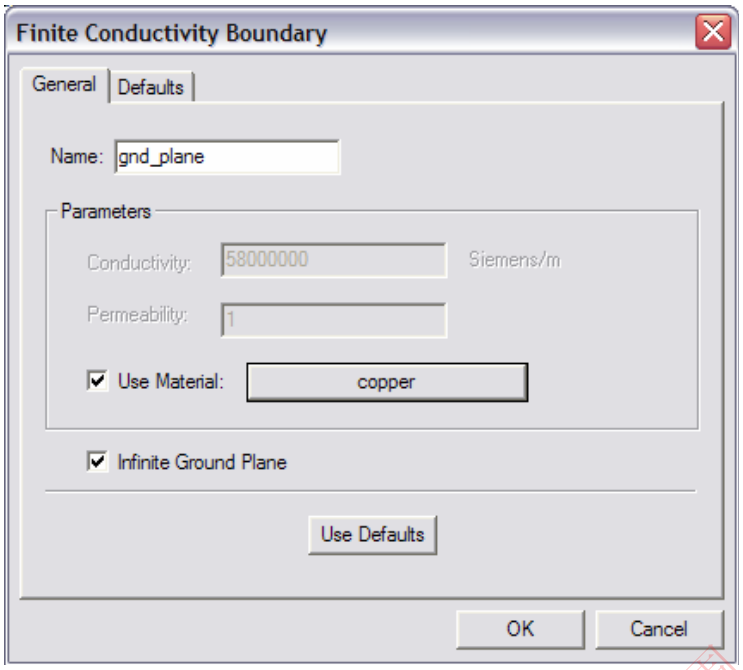
4）选择**定义**窗口：

a．在**以名称搜索（Search by Name）**栏输入**铜（copper）**

b．点击 **OK** 按钮

5）无线大地平面：**勾上**

6）点击 **OK** 按钮



F. 5.1.17

八）建立一个辐射设置

定义一个辐射设置

1．选择菜单中的 ***HFSS>辐射（Radiation）>插入远区场设置（Insert Far Field Setup）>无限大区域（Infinite Sphere）***

2．远区场设置（Insert Far Field Setup）窗口

1）无限大区域标签

a．名称：**ff_2d**

b．Phi：（开始：**0**，结束：**90**，步长：**90**）

c．Theta：（开始：**-180**，结束：**180**，步长：**2**）

2）点击 **OK** 按钮

五、分析设置

一）建立分析设置

1．选择菜单中的 ***HFSS>分析设置（Analysis Setup）>添加解决方案设置（Add Solution Setup）***

2．解决方案设置窗口：

1）点击**常规（General）**标签:

a．求解频率（Solution Frequency）：**0.55GHz**

b．最大迭代次数（Maximum Number of Passes）：**10**

c．每次迭代允许的最大 Delta S（Maximum Delta S per Pass）：**0.02**

2）点击 **OK** 按钮

二）添加频率扫描

1．选择菜单中的 ***HFSS>分析设置（Analysis Setup）>添加扫频（Add Sweep）***

1）选择解决方案设置：**Setup1**

2）点击 **OK** 按钮

2．编辑扫频窗口：

1）扫描类型（Sweep Type）：**快速（Fast）**

2）频率设置类型：**线性计数（Linear Count）**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

a. 开始：**0.35GHz**
b. 结束：**0.75GHz**
c. 频率数目：**401**
d. 保存场（Save Fields）：勾上

3）点击 **OK** 按钮

六、保存工程

一）在 Ansoft Hfss 窗口，选择菜单中的***文件（File）>另存为（Save As）***
二）在另存为窗口，输入文件名：**hfss_uhf_probe**
三）点击**保存（Save）**按钮

七、分析

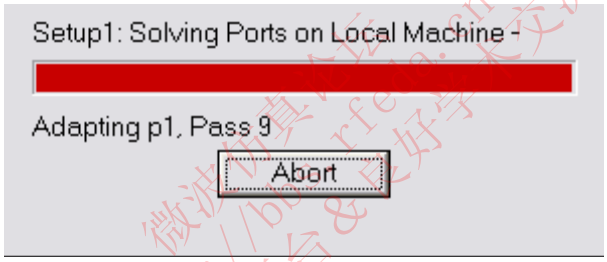
一）模型验证

1. 选择菜单中的 ***HFSS>验证检查（Validation Check）***
2. 点击**关闭（Close）**按钮

注意：利用信息管理器可按任意错误或报警信息。

二）分析

选择菜单中的 **HFSS>分析所有（Analyze All）**

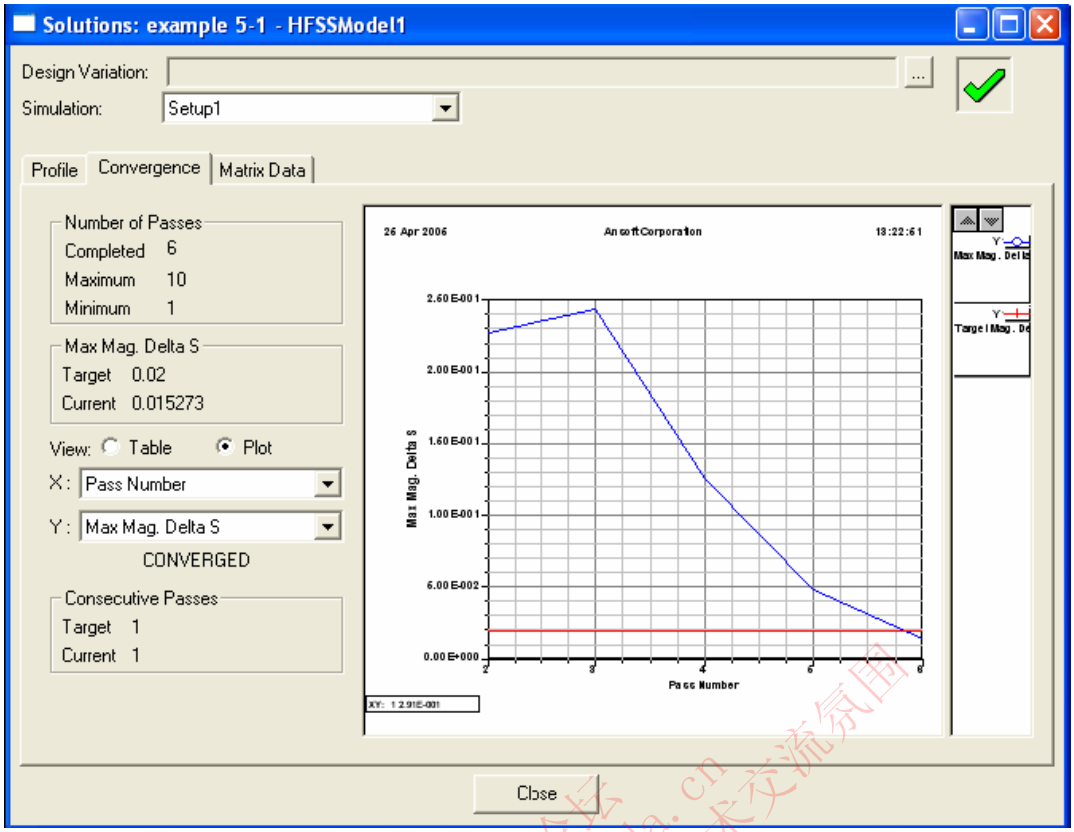


F. 5.1.18

三）计算结果数据

1. 选择菜单中的 ***HFSS>结果（Results）>计算结果数据（Solution Data）***
   1）查看概况（Profile）：
   点击**概况（Profile）**标签
   2）查看收敛情况（Convergence）
   点击**收敛情况（Convergence）**标签
   注意：收敛情况的缺省方式为表格，选择**画图（Plot）**单选按钮来查看收敛数据的绘图表示。
   3）查看矩阵数据（Matrix Data）
   点击**矩阵数据标签（Matrix Data）**
   注意：查看矩阵数据的实时更新，要建立**最近合适（Last Adaptive）**的 **Setup1** 的仿真
2. 点击**关闭（Close）**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&爱好者交流氛围



F. 5.1.19

八、创建报告

一）建立终端 S 参数（Terminal S Parameters）绘图—幅值

创建报告：

1．选择菜单中的 ***HFSS>结果（Results）>创建报告（Create Report）***

2．建立报告窗口：

1）报告类型：**终端 S 参数（Terminal S Parameters）**

2）显示方式：**直角坐标图**

3）点击 **OK** 按钮

3．轨迹窗口：

1）解决方案：**Setup1：Sweep1**

2）范围：**Sweep**

3）点击 **Y** 标签

a．种类（Category）：**终端 S 参数（Terminal S Parameters）**

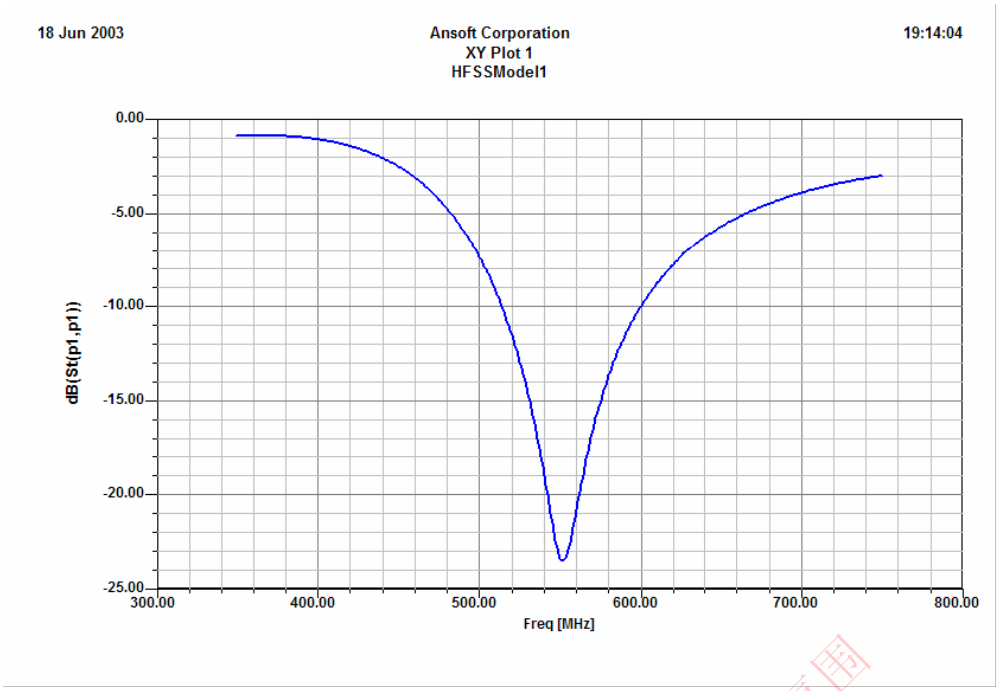
b．数量（Quantity）：**St（p1,p1）**

c．函数（Function）：**dB**

d．点击**添加轨迹（Add Trace）**按钮

4）点击**完成（Done）**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F. 5.1.20

二）远区场覆盖图

建立远区场覆盖图

1．建立 2D 远区场极坐标图：

1）选择菜单中的 ***HFSS>结果（Results）>建立报告（Create Report）***

2）建立报告窗口：

a．报告类型：**远区场（Far Fields）**

b．显示方式：**辐射图（Radiation Pattern）**

c．点击 **OK** 按钮

3）轨迹窗口

a．解决方案：**Setup1：最新的**

b．几何形状（Geometry）：**ff_2d**

c．在**扫频（Sweeps）**标签，在名称栏选择 **Phi**，并在下拉菜单中选择 **Theta**。这将改变主扫描为 **Theta**。

d．在**幅度（Mag）**标签中

a）种类（Category）：**增益（Gain）**

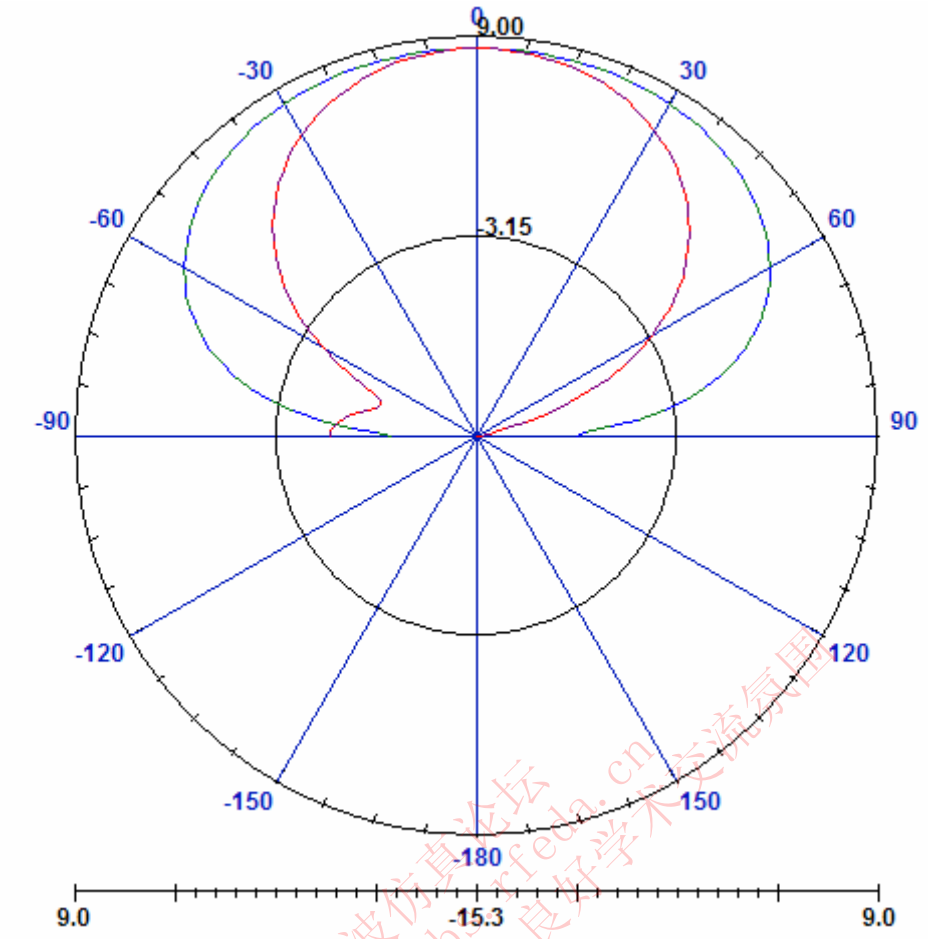
b）质量（Quantity）：**所有增益（Gain Total）**

c）函数（Function）：**dB**

d）点击**增加轨迹（Add Trace）**按钮

e．点击**完成（Done）**按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&专业好学术交流氛围



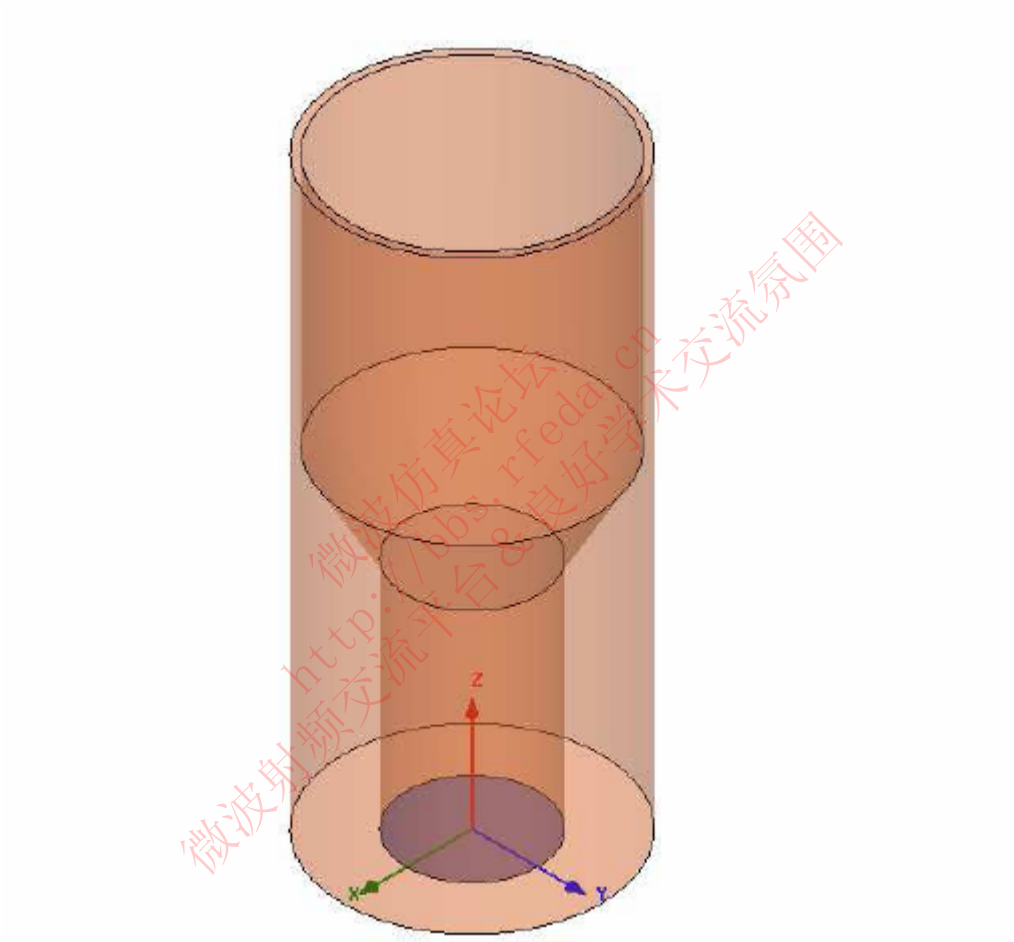
F. 5.1.21

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

第二节 圆波导管喇叭天线

双模式喇叭型波导管

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析一个圆波导管喇叭天线。



F. 5.2.1

一. Ansoft HFSS 设计环境

Ansoft HFSS 的以下特性将会应用到此无源器件的模型中

1. 3D 立体建模

- 原始结构：**圆柱体（Cylinders）**
- 布尔运算：结合（Unite），相减（Subtract），连接（Connect）

2. 边界条件和激励

- 端口：波端口（Wave ports）
- 边界：辐射

3. 结果：

- 辐射图（Radiation Pattern）

二. 设计回顾

一）端口尺寸/类型

由于端口位于模型外部，我们可以用波端口。端口的尺寸由波段口的物理尺寸决定。因为波段口是圆形的，我们必须为端口定义极化电场。

二）自由空间

1. 由于要评估辐射结构，我们需要为该辐射器件建立一个自由空间。可以用辐射边界（Radiation Boundary）或完美匹配层（PML）来实现。由于其表面是圆柱形的，我们将采用辐射边界。
2. 辐射边界要设定在辐射器件至少λ/4处，对于我们这个例子，取~λ/4（0.6in）

三. 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

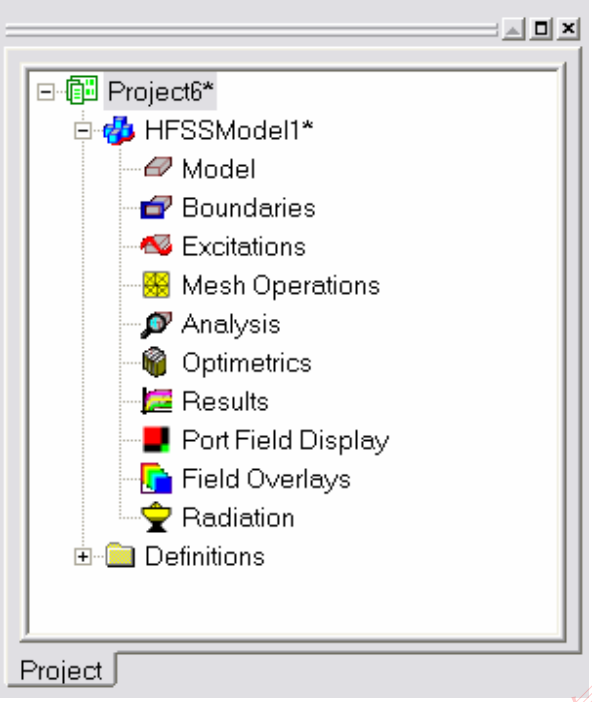
注意：为了按照本例中概述的步骤，应核实以下工具选项已设置：

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Ansoft 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）*。

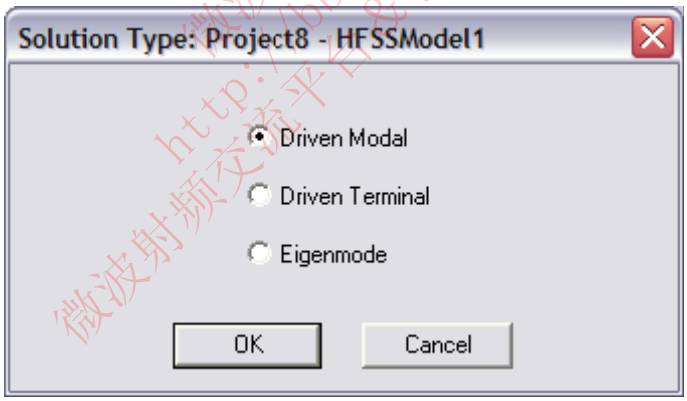
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&自好学术交流社区



F. 5.2.2

四）设置解决方案类型（**Set Solution Type**）

1. 选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***
2. 解决方案类型窗口：
   1）选择模式驱动（Driven Model）
   2）点击 **OK** 按钮。



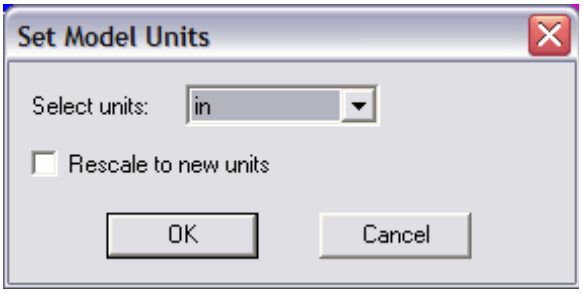
F. 5.2.3

四. 建立 3D 模型

一）设置模型的单位

1. 选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>单位（Units）***
2. 设置模型单位：
   1）选择单位：**英寸（in）**
   2）点击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F. 5.2.4

二）设置缺省材料

1．利用 3D 模型的材料工具栏，选择**真空（Vacuum）**

F. 5.2.5

三）建立圆形波导

1．建立波导

1）选择菜单中的***画图（Draw）>圆柱 Cylinder***

2）利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

3）利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**0.838**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

4）利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**3.0**，按**回车**键

2．设置名称：

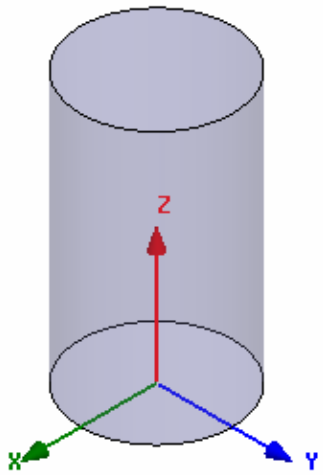
1）在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

2）在名称值（Value of Name）处输入：**Waveguide**

3）点击 **OK** 按钮

3．使模型适合视图：

选择菜单中的***视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）***。或者按 **CTRL+D** 键。



F. 5.2.6

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流综合 良好学术交流氛围

4. 建立偏移坐标
   1）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>坐标系（Coordinate System）>建立（Creat）>相对坐标系（Relative CS）>偏移（Offset）***
   2）利用坐标输入栏，输入起点：
      X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**3.0**，按回车键
5. 建立转换区
   1）建立过渡波导
      a. 选择菜单中的***画图（Draw）>圆锥（Cone）***
      b. 利用坐标输入栏，输入中心的位置：
         X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按回车键
      c. 利用坐标输入栏，输入下部半径：
         dX：**0.838**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按回车键
      d. 利用坐标输入栏，输入上部半径：
         dX：**0.709**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按回车键
      e. 利用坐标输入栏，输入高度：
         dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**1.227**，按回车键
   2）设置名称：
      a. 在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.
      b. 在**名称值（Value of Name）**处输入：**Taper**
      c. 点击 **OK** 按钮
6. 建立偏移坐标
   1）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>坐标系（Coordinate System）>建立（Creat）>相对坐标系（Relative CS）>偏移（Offset）***
   2）利用坐标输入栏，输入起点：
      X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**1.227**，按回车键
7. 建立入口
   1）建立入口
      a. 选择菜单中的***画图（Draw）>圆柱 Cylinder***
      b. 利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：
      X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按回车键
      c. 利用坐标输入栏，输入半径：
      dX：**1.547**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按回车键
      d. 利用坐标输入栏，输入高度：
      dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**3.236**，按回车键
   2）设置名称：
      a. 在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.
      b. 在**名称值（Value of Name）**处输入：**Throat**
      c. 点击 **OK** 按钮
   3）使模型适合视图：
      选择菜单中的***视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）。或者按 CTRL+D 键。***
8. 组合对象
   1）选择菜单中的***编辑（Edit）>选择所有可见（Select All Visible）***。或者按 **CTRL+A** 键。
   2）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>布尔运算（Boolean）>结合（Unite）***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

9．改变名称

1）在**模型（Model）树**中，选择所显示唯一的对象

2）点击**属性（Properties）**按钮

a．在名称栏（Value of Name）输入：**Horn_Air**

b．点击 **OK** 按钮

3）点击**完成（Done）**按钮

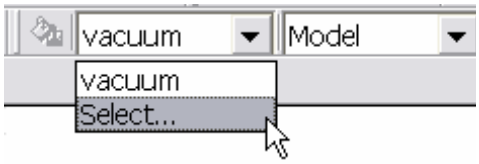
10．设置缺省材料：

1）利用 3D 模型的材料工具栏，点击**选择（Select）**

2）选择定义窗口：

a．在以**名称搜索（Search by name）**栏输入 **pec**

b．点击 **OK** 按钮



F. 5.2.7

11．建立喇叭壁

1）选择菜单中的***画图（Draw）>圆柱 Cylinder***

2）利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

3）利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**1.647**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

4）利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**7.463**，按**回车**键

5）设置名称：

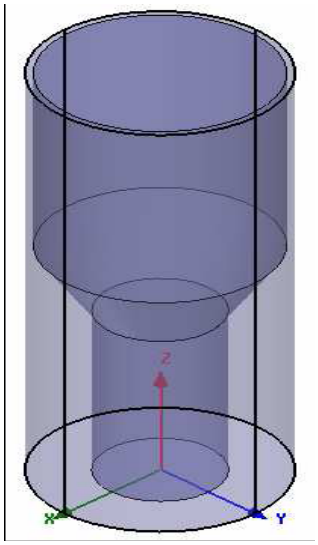
a．在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

b．在**名称值（Value of Name）**处输入：**Horn**

c．点击 **OK** 按钮

6）使模型适合视图：

选择菜单中的***视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）***。



F. 5.2.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 爱好学术交流氛围

12．完成喇叭

1）选择菜单中的*编辑（Edit）>选择所有可见（Select All Visible）*。或者按 **CTRL+A** 键

2）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>布尔运算（Boolean）>相减（Subtract）***

3）相减窗口：

a．被减部分：**Horn**

b．减掉部分：**Horn_Air**

c．在相减前克隆被减部分：**不选**

d．点击 **OK** 按钮

13．设置缺省材料：

利用 3D 模型的材料工具栏，选择**真空（Vacuum）**

14．建立空气

1）选择菜单中的*画图（Draw）>圆柱 Cylinder*

2）利用坐标输入栏，输入圆柱的位置：

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

3）利用坐标输入栏，输入半径：

dX：**2.2**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

4）利用坐标输入栏，输入高度：

dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**8.2**，按**回车**键

5）设置名称：

a．在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

b．在**名称值（Value of Name）**处输入：**Air**

c．点击 **OK** 按钮

6）使模型适合视图：

选择菜单中的*视图（View）>适合所有（Fit All）>当前视图（Active View）*。

15．建立辐射边界

1）选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）*

2）选择对象对话框

a．选择对象名称：**Air**

b．点击 **OK** 按钮

3）选择菜单中的 ***HFSS>边界（Boundaries）>指定（Assign）>辐射（Radiation）***

4）辐射边界窗口

a．名称：**Rad1**

b．点击 **OK** 按钮

16．建立波端口

1）建立一个代表端口的圆

a．选择菜单中的*画图（Draw）>圆（Circle）*

b．利用坐标输入栏，输入圆心位置

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

c．利用坐标输入栏，输入圆的半径

dX：**0.838**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

2）设置名称：

a．在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**标签.

b．在**名称值（Value of Name）**处输入：**p1**

c．点击 **OK** 按钮

3）选择对象 **p1**：

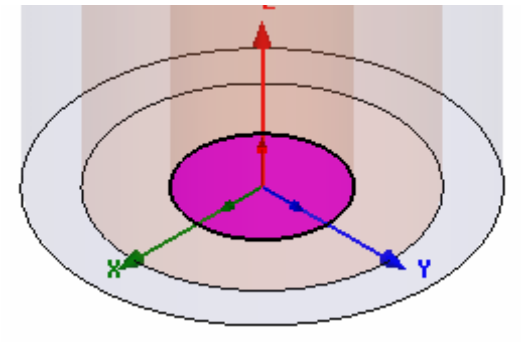
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

a. 选择菜单中的*编辑（Edit）>选择（Select）>通过名称（By Name）*

b. 选择对象对话框

a）选择对象名称：**p1**

b）点击 **OK** 按钮



F. 5.2.9

4）指定波端口激励

a. 选择菜单中的 ***HFSS>激励（Excitations）>指定（Assign）>波端口（Wave Port）***

b. 波端口：**常规**

a）名称：**p1**

b）点击**下一步（Next）**按钮

c. 波端口：**模式**

a）模式数目：**2**

b）对于模式 1，点击**无（None）**栏并选择**新线（New Line）**

c）利用坐标输入栏，输入向量位置

X：**-0.838**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，按**回车**键

d）利用坐标输入栏，输入向量的顶点

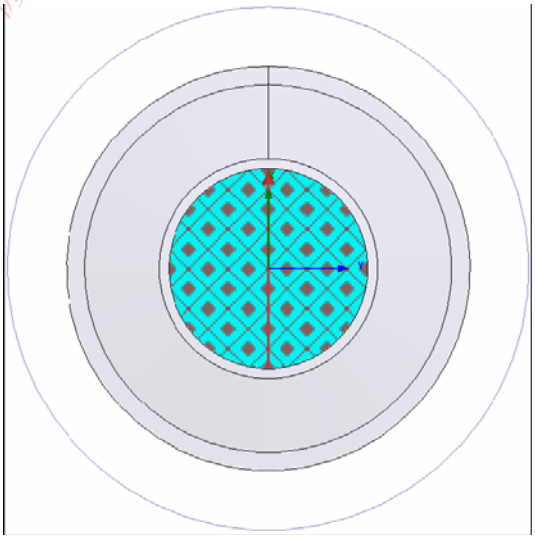
dX：**1.676**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，按**回车**键

e）极化电场：**勾上**

f）点击**下一步（Next）**按钮

d. 波端口：**后加工**

e. 点击**完成（Finish）**按钮



F. 5.2.10

17．建立偏移坐标系

1）选择菜单中的 ***3D 模型（3D Modeler）>坐标系（Coordinate System）>建立（Create）***

2）利用坐标输入栏，输入原点

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**7.463**，按回车键

18．建立辐射设置

1）选择菜单中的 ***HFSS>辐射（Radiation）>插入远区场（Insert Far Setup）>无限大空间（Infinite Sphere）***

2）远区场设置对话框

a．**无限大空间（Infinite Sphere）**标签

a）名称：**ff_2d**

b）Phi：（开始：**0**，结束：**90**，步长：**90**）

c）Theta：（开始：**-180**，结束：**180**，步长：**2**）

b．坐标系（Coordinate System）标签

a）选择**使用本地坐标系（Use local coordinate system）**

b）选择 **RelativeCS3**

c．点击 **OK** 按钮

五． 分析设置

一）建立分析设置

1．选择菜单中的 ***HFSS>分析设置（Analysis Setup）>添加解决方案设置（Add Solution Setup）***

2．解决方案设置窗口

1）点击**常规（General）**标签

a．求解频率（Solution Frequency）：**5.0GHz**

b．最大迭代次数（Maximum Number of Passes）：**10**

c．每次迭代允许的最大 Delta S（Maximum Delta S per Pass）：**0.02**

2）点击 **OK** 按钮

六． 保存工程

一）在 Ansoft Hfss 窗口，选择菜单中的***文件（File）>另存为（Save As）***

二）在另存为窗口，输入文件名：**hfss_chorn**

三）点击**保存（Save）**按钮

七． 分析

一）模型验证

1．选择菜单中的 ***HFSS>验证检查（Validation Check）***

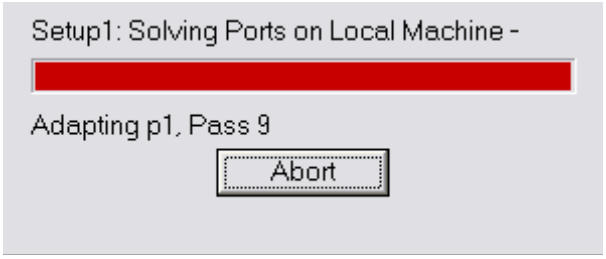
2．点击**关闭（Close）**按钮

注意：利用信息管理器可按任意错误或报警信息。

二）分析

选择菜单中的 ***HFSS>分析所有（Analyze All）***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F. 5.2.11

八. 创建报告

一）查看数据

1. 选择菜单中的 ***HFSS>结果（Results）>计算结果数据（Solution Data）***

   1）查看概况（Profile）：

   点击**概况（Profile）**标签

   2）查看收敛情况（Convergence）

   点击**收敛情况（Convergence）**标签

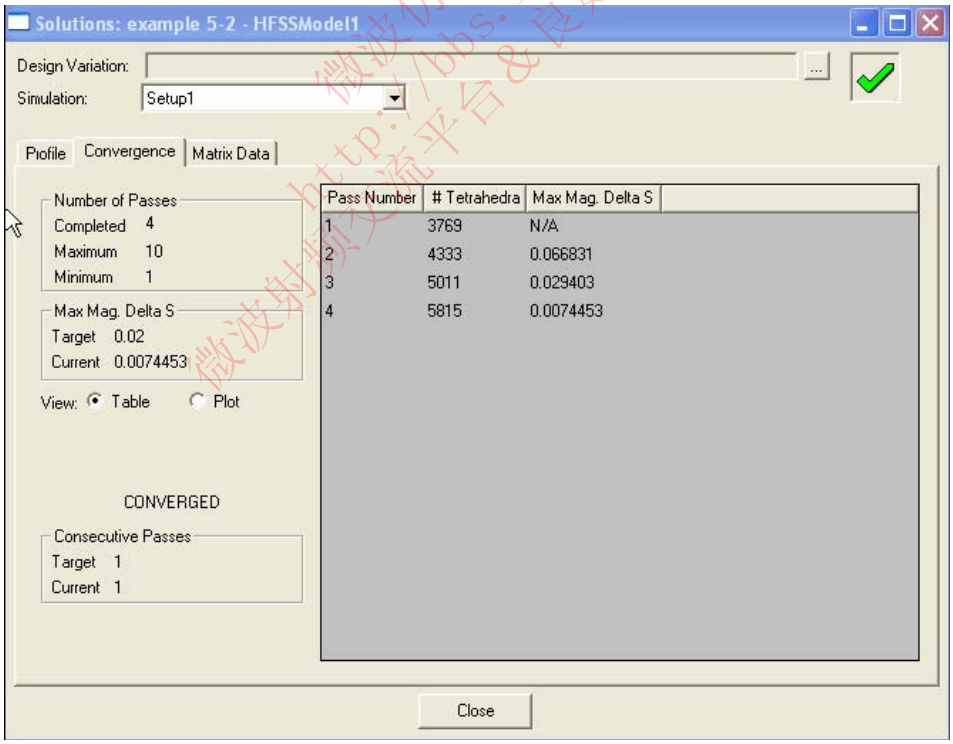
   注意：收敛情况的缺省方式为表格，选择**画图（Plot）**单选按钮来查看收敛数据的绘图表示。

   3）查看矩阵数据（Matrix Data）

   点击**矩阵数据标签（Matrix Data）**

   注意：查看矩阵数据的实时更新，要建立**最近合适（Last Adaptive）**的 **Setup1** 的仿真

2. 点击**关闭（Close）**按钮



F. 5.2.12

二）远区场覆盖图

1. 修改终端激励

   1）选择菜单中的 ***HFSS>场（Fields）>编辑源（Edit Sources）***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2）编辑源窗口

a．源：**p1：m1**

a）比例因数：**1**

b）偏移：**0**

b．源：**p1：m2**

a）比例因数：**1**

b）偏移：**90**

c．点击 **OK** 按钮

2．建立远区场覆盖图

1）建立 2D 远区场极坐标图：

a．选择菜单中的**HFSS>结果（Results）>建立报告（Create Report）**

b．建立报告窗口：

a）报告类型：**远区场（Far Fields）**

b）显示方式：**辐射图（Radiation Pattern）**

c）点击 **OK** 按钮

c．轨迹窗口

a）解决方案：**Setup1：最新的（LastAdaptive）**

b）几何形状（Geometry）：**ff_2d**

c）在扫频（Sweeps）标签

主扫描：在名称栏选择 **Phi**，并在下拉菜单中选择 **Theta**。

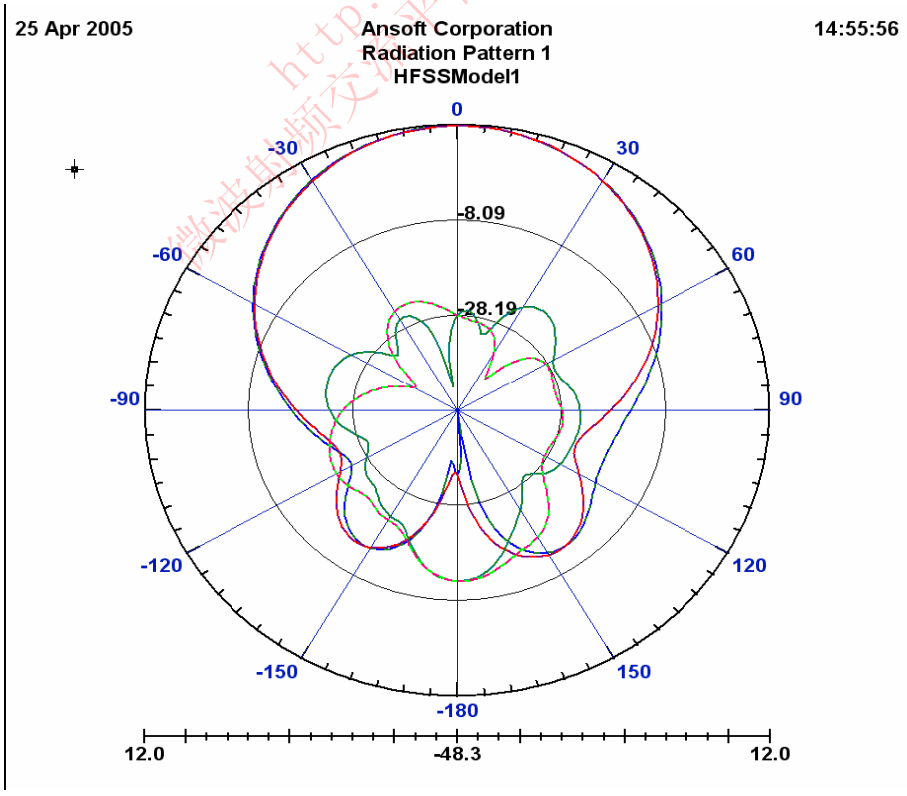
d）在 Mag 标签中

种类（Category）：**增益（Gain）**

质量（Quantity）：**GainHCP, GainRHCP**

函数（Function）：**dB**

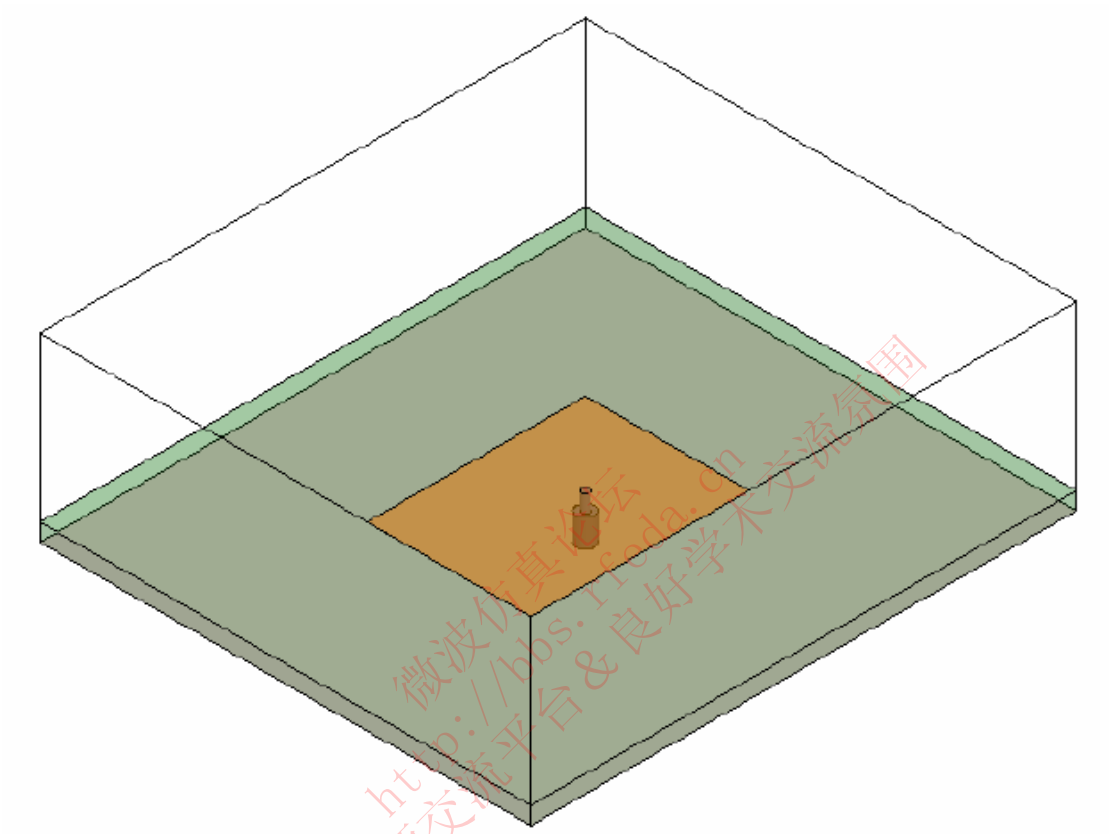
e）点击完成（**Done**）按钮。



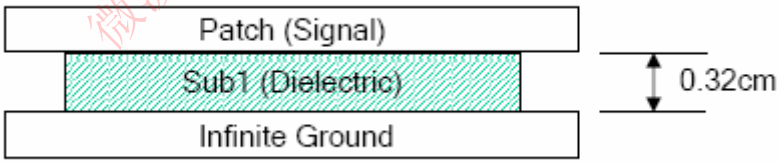
F. 5.2.13

第三节 同轴探针微带贴片天线

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个同轴探针微带贴片天线。



F 5.3.1



F 5.3.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

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

1、设置工具选项

注意：为了与这个例子的后续步骤一致，要对工具选项进行如下设置：

1、选择菜单：***Tools > Options > HFSS Options***

2、HFSS 选项窗口

a、点击**常规**（**General**）标签

创建边界时使用数据输入条： **选**

复制几何图形的边界： **选**

b、 点击**确定**键。

3、选择菜单 ***Tools*** 〉 ***Options*** 〉 ***3D Modeler Options*** 。

4、3D 模块选项窗口

a、点击 Operation 键

曲线自动封闭： **选**

b、 点击 Drawing 键

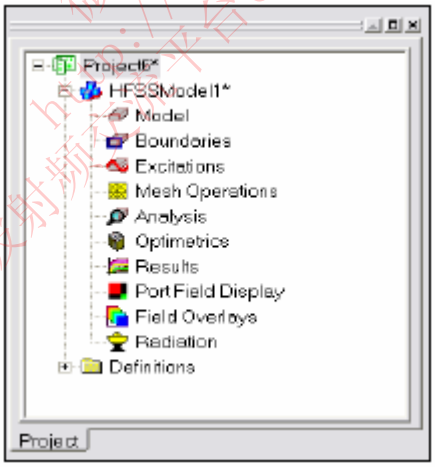
新的原始模型编辑属性

C、点击**确定**。

三) 打开新工程

1、 在 HFSS 窗口，点击工具条上的 ，或者选择菜单 ***File > New*** 。

2、从 ***Project*** 菜单选择 ***Insert HFSS Design*** 。



F 5.3.3

四) 设置求解类型

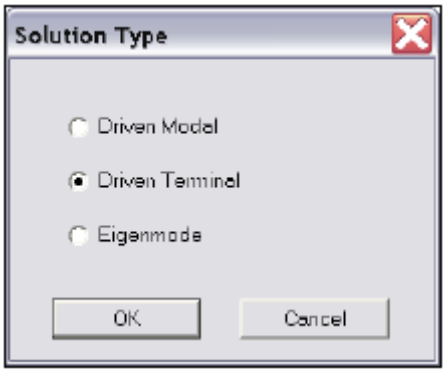
1. 选择菜单 ***HFSS*** 〉 ***Solution Type*** 。

2. ***Sloution Type 窗口***:

1). 选择终端驱动（ Driven Terminal ）。

2). 点击确定。

微波射频仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 平台&良好学术交流氛围



F 5.3.4

二. 建立 3D 模型

一) 设置模型单位

1. 选择菜单 **3D Modeler** 〉 **Units** 。

2. 设置单位：

A、 选择单位厘米（cm）

B、点击确定

二) 设置默认材料

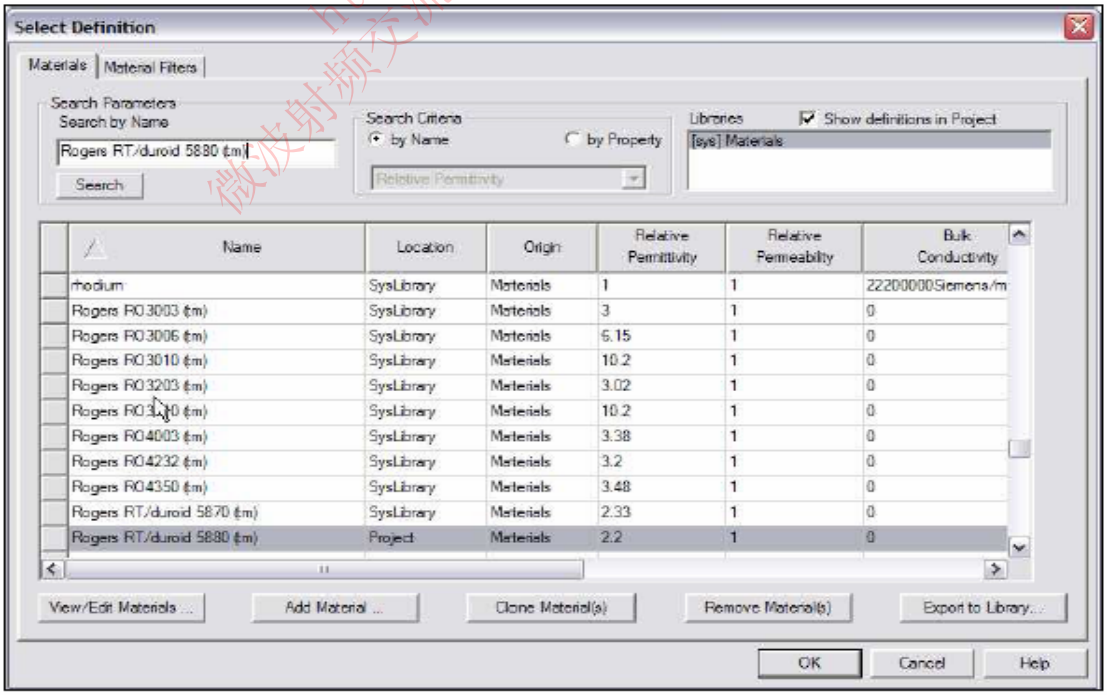
1. 在 3D 模型材料工具栏，选择 Select。

F 5.3.5

2. 选择定义窗口：

A、在通过名称区域输入 Rogers RT/duroid 5880（tm）。

B、点击确定。



F 5.3.6

三) 创建衬底

1、 创建衬底

1. 选择菜单 **Draw** 〉 **Box** 。

在坐标输入区域，输入长方体的位置

X: **-5.0** , Y: **-4.5**， Z: **0.0**， 点击 **Enter** 键。

在坐标输入区域，输入长方体的对角位置

dX: **10.0**,dY: **9.0**,dZ: **0.32**， 点击 **Enter** 键。

2、 设置名称

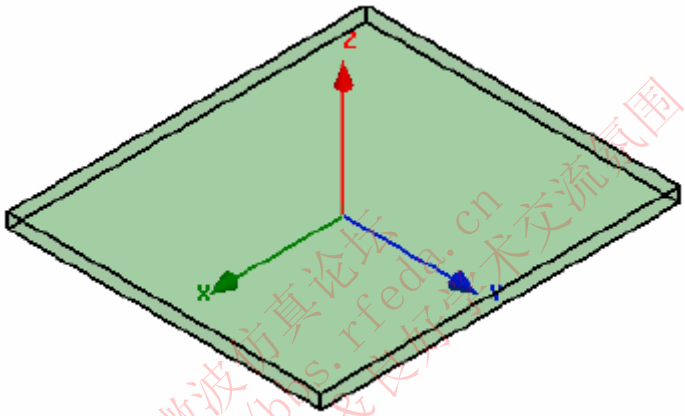
1. 在性质（Properties）窗口选择属性（Attribute）。

2. 在**名称（Value of Name** ）处输入：**Sub1**。

3. 点击确定。

3、 优化视角

选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。或者按住 **CTRL+D** 键。



F 5.3.7

四) 创建无限接地板

1. 创建无限接地板

1) 选择菜单 **Draw** 〉 **Rectangle**

2) 在坐标输入区域，输入矩形位置：

X: **-5.0**, Y: **-4.5**, Z: **0.0**, 点击 **Enter** 键。

3) 在坐标输入区域，输入矩形对角位置：

dX: **10.0**, dY: **9.0**, dZ: **0.0**, 点击 **Enter** 键。

2. 设置名称

1) 在**性质（Properties）**窗口选择**属性（Attribute）**。

2) 在**名称（Value of Name** ）处输入：**Sub1**。

3) 点击**确定**。

3. 优化视角

选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。或者按住 **CTRL+D** 键。

五) 给无限接地板设置理想电场边界

1. 选择路径：

1) 选择菜单 **Edit** 〉 **Select** 〉 **By Name** 。

2) 选择物体对话框：

a、 选择物体名称：**Inf_GND** .

b、 点击**确定**按钮。

2. 设置理想电场边界

1) 选择菜单 **HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E**

2) 理想电场窗口

a、 名称:**PerfE_Inf_GND**

b、 无限接地板 **选**

c、 点击**确定**

六) 创建无限地的切除部分

1. 创建切除部分：

1) 选择菜单：**Draw 〉 Circle**

2) 在坐标输入区域输入中心位置：

X: **-0.5**, Y: **0.0**, Z:**0.0**, 点击 **Enter** 键

3) 在左边输入区域输入半径：

dX: **0.16**, dY: **0.0,** dZ:**0.0**, 点击 **Enter** 键

2. 设置名称

1) 在**属性（Properties）**窗口选择**特性（Attribute）**键

2) 在**名称**处输入：**Cut_Out**

3) 点击**确定**键

3. 优化视角

选择菜单：**View 〉 Fit All View** 。

七) 完成无限接地板

1. 选择对象 Inf_GNF 和 Cut_OUT

1) 选择菜单：**Edit 〉 Select 〉 By Name**

2) 选择对象对话框

a、 选择对象名称：**Inf_GNF、Cut_OUT**

b、 点击**确定**按钮

2. 完成环节

1) 选择菜单：**3D Modeler 〉 Boolean 〉 Subtract**

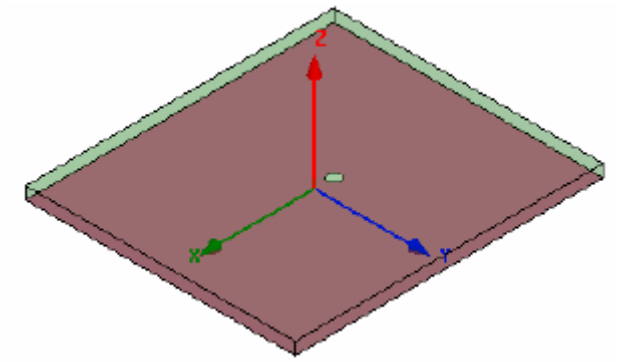
2) 减法窗口

被减部分（Blank Parts）: **Inf_GND**

减去部分：**Cut_Out**

在做减法前复制工具:☐ **不选**

点击**确定**按钮。



F 5.3.8

八) 创建贴片

1. 创建贴片

1) 选择菜单：**Draw** 〉 **Rectangle**
2) 在坐标输入区输入矩形位置
   X: **-2.0**, Y: **-1.5**, Z: **0.32**, 按 **Enter** 键
3) 在坐标输入区属土矩形的对角：
   dX: **4.0**, dY: **3.0**, dZ: **0.0**, 按 **Enter** 键

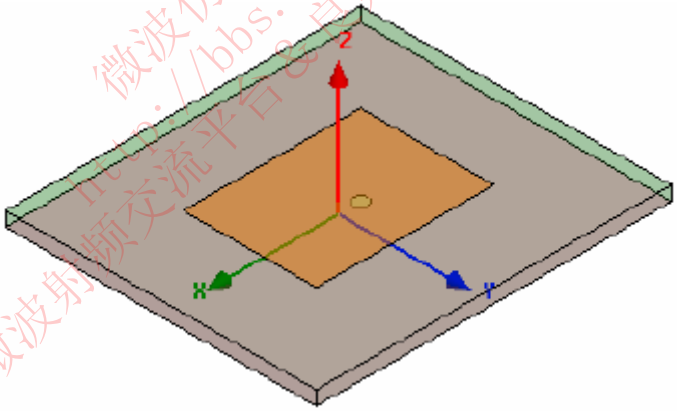
2. 设置名称
1) 在**属性**（**Properties**）窗口选择**特性**（**Attribute**）键
2) 在**名称**处输入：**Patch**
3) 点击**确定**键

3. 优化视角
选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。

九) 设置目标为理想电场边界

1. 选择目标：
1) 选择菜单：**Edit** 〉 **Select** 〉 **By Name**
2) 选择对象对话框
   a、 选择对象名称：**Patch**
   b、 点击**确定**按钮

2. 设置理想电场边界
1) 选择菜单 **HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E**
2) 理想电场窗口
   a、 名称:**PerfE_Patch**
   b、 点击**确定**按钮



F 5.3.9

十) **设置默认材料**

在 3D 材料工具栏，选择 **vacuum**。

F 5.3.10

十一) 创建同轴线

1. 创建同轴线
1) 选择菜单：**Draw** 〉 **Cylinder**
2) 在坐标输入区域，输入圆柱体位置
   X: **-0.5**, Y: **0.0**, Z: **0.0** 点击 **Enter** 输入键
3) 在坐标输入区域，输入半径：

dX: **0.16**, dY: **0.0**, dZ: **0.0** 点击 **Enter** 输入键

4) 在坐标输入区域，输入高度：

5) dX: **0.0**, dY: **0.0**, dZ: **-0.5** 点击 **Enter** 输入键

2. 设置名称

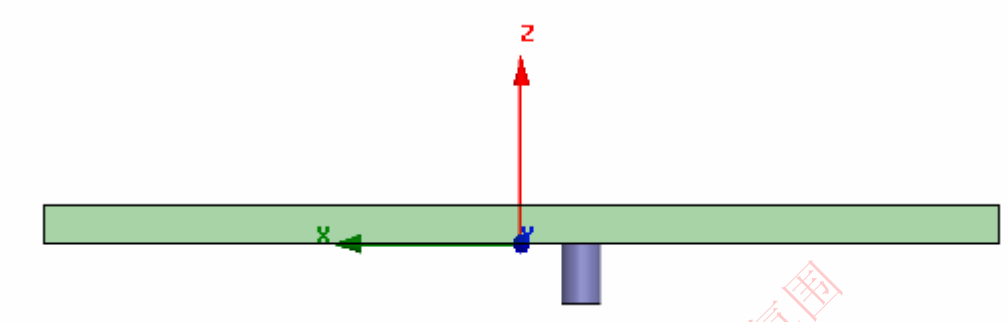
1) 在**属性**（**Properties**）窗口选择**特性**（**Attribute**）键

2) 在**名称**处输入：**Coax**

3) 点击**确定**键

3. 优化视角

选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。



F 5.3.11

十二) **设置默认材料**

1、在 3D 模型材料工具栏，选择 **Select**

2、在选择定义窗口

1) 在由**名称搜索**（**Search by Name**）区域输入 **pec**

2) 点击**确定**按钮

十三) **创建同轴线探针**

1. 创建同轴线探针

1) 选择菜单 **Draw** 〉 **Cylinder**

2) 在坐标输入区域输入圆柱体位置

X: **-0.5**, Y: **0.0**, Z:**0.0** 点击 **Enter** 键

3) 在坐标输入区域，输入半径

dX: **0.07**, dY: **0.0**, dZ: **0.0** 点击 **Enter** 键

4) 在坐标输入区域，输入高度

dX: **0.0**, dY:**0.0**, dZ: **-0.5** 点击 **Enter** 键

2. 设置名称

1) 在**属性**（**Properties**）窗口选择**特性**（**Attribute**）键

2) 在**名称**处输入：**Coax_Pin**

3) 点击**确定**键

3. 优化视角

选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。

十四) **创建波端口**

1. 画个圆代表端口

1) 选择菜单 **Draw** 〉 **Circle**

2) 在坐标输入区域，输入中心位置

X: **-0.5**, Y: **0.0**, Z: **-0.5** 点击 **Enter** 键

3) 在坐标输入区域，输入圆半径：

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 平台&良好学术交流氛围

dX: **0.16**, dY: **0.0,** dZ: **0.0** 点击 **Enter** 键

2. 设置名称

1) 在**属性（Properties）**窗口选择**特性（Attribute）**键
2) 在**名称**处输入：**Port1**
3) 点击**确定**按钮

3. 设置 Port1

1) 选择菜单 **Edit 〉 Select 〉 By Name**
2) 选择目标对话框
   a、 选择目标名称：**Port1**
   b、 点击**确定**按钮

4. 设置波端口激励

1) 选择菜单 **HFSS 〉 Excitations 〉 Assign 〉 Wave Port**
2) Wave Port: **通用（General）**
   c、 名称：**p1**
   d、 点击**下一步**按钮
3) Wave Port: 终端
   e、 终端编号：**1**
   f、 对于 **T1** ，点击**未定义（Undefined）**栏，选择**新线条（New Line）**
   g、 在坐标输入区，输入向量位置
   X: **-0.34**, Y: **0.0**，Z: **-0.5** 点击 **Enter** 键
   h、 在坐标输入区域，输入顶点
   dX: **-0.09**, dY: **0.0**, dZ: **0.0** 点击 **Enter** 键
   i、 点击**下一步**按钮
4) 波端口：差分对
   点击**下一步**按钮
5) 波端口：后处理
   参考阻抗：**50**
6) 点击**结束**按钮

十五) **创建探针**

1. 创建探针

1) 选择菜单：**Draw 〉 Cyclinder**
2) 在坐标输入区域，输入圆柱体位置
   X: **-0.5**, Y: **0.0**, Z: **0.0** 点击 **Enter** 键
3) 在坐标输入区域，输入半径
   dX: **0.07**, dY: **0.0**, dZ: **0.0** 点击 **Enter** 键
4) 在坐标输入区域，输入高度
   dX: **0.0**, dY: **0.0**, dZ: 0.**32** 点击 **Enter** 键

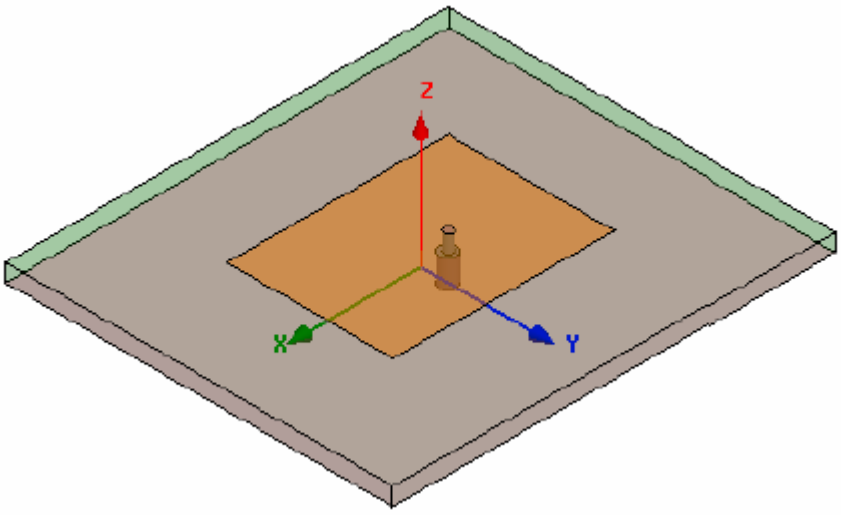
2. 设置名称

1) 在**属性（Properties）**窗口选择**特性（Attribute）**键
2) 在**名称处**输入：**Probe**
3) 点击**确定**按钮

3. 优化视角

选择菜单：**View 〉 Fit All View** 。

微波射频交流平台&良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn



F 5.3.12

十六) 设置默认材料

在 3D 模块材料工具栏，选择 vacuum。

F 5.3.13

十七) 创建空气

1. 创建空气

1) 选择菜单 **Draw** 〉 **Box**

2) 在坐标输入区，输入长方体位置

X: **-5.0**, Y: **-4.5**, Z: **0.0,** 点击 **Enter** 键

3) 在坐标输入区域，输入长方体的对角位置

dX: **10.0,** dY: **9.0**, dZ:**3.32**, 点击 **Enter** 键

2. 设置名称

1) 在**属性**（**Properties**）窗口选择**特性**（**Attribute**）键

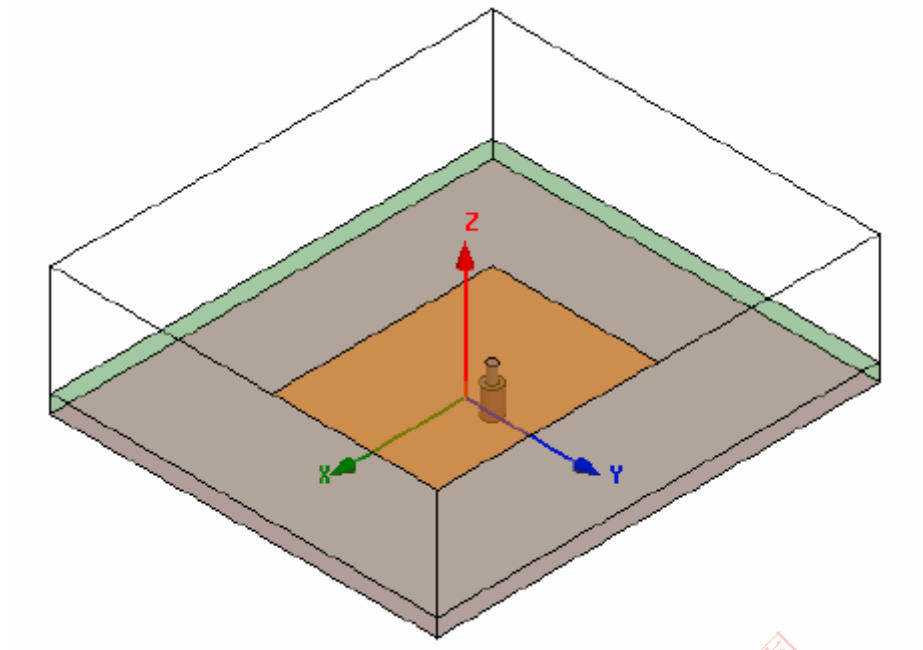
2) 在**名称处**输入：**Air**

3) 点击**确定**按钮

3. 优化视角

选择菜单：**View** 〉 **Fit All View** 。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波频交流沙龙 & 良好学术交流氛围



F 5.3.14

十八) 创建辐射边界

1. 选择面
   1) 选择菜单：**Edit** 〉 **Select** 〉 **Faces**
   2) 选择除了在 **0.0cm** 处（**face at Z=0.0cm**）的面之外的所有空气的面
2. 创建辐射边界
   1) 选择菜单 **HFSS** 〉 **Boundaties** 〉 **Assign** 〉 **Radiation**
   2) 辐射边界窗口
      j、 名称：**Rad1**
      k、 点击确定按钮

十九) 设置辐射

1. 设置辐射
   1) 选择菜单 **HFSS** 〉 **Radiation** 〉**Insert Far Field Setup** 〉 **Infinite Sphere**
   2) 远场辐射球设置对话框
      l、 选择 **Infinite Sphere** 键
         名称（Name）:**ff_2d**
         Phi: (start: **0**, stop: **90**, step size: **90**)
         Theta: (start: **-180**, stop: **180**, step size: **2**)
      m、 点击确定键

三. 分析设置

一) 创建分析设置

1. 创建分析设置
   1) 选择菜单：**HFSS** 〉 **Analysis** 〉 **Setup** 〉 **Add Solution Setup**
   2) 求解设置窗口
      a、点击通用（**General**）键
         求解频率：**2.25GHz**
         最大通过数目：**20**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&自好学术交流氛围

通过的最大 Delta S：**0.02**

b、点击**确定**按钮

二) 增加扫频

1. 增加扫频

1) 选择菜单 **HFSS 〉 Analysis 〉 Add Sweep**

a、 选择求解设置：**Setup1**

b、 点击**确定**按钮

2) 编辑扫频窗口

a、 扫描类型：**快速（Fast）**

b、 频率设置类型：**线形计数（Linear Count）**

开始(Start)：**1.0GHz**

结束（Stop）：**3.5GHz**

计数（Count）：**201**

保存场：☐ **选**

c、 点击**确定**按钮

四. 保存工程

1. 在 Ansoft HFSS 的窗口，选择菜单：**File 〉 Save As**

2. 在 **Save As** 窗口，输入文件名称：**hfss_probepatch**

3. 点击**保存**按钮

五. 分析

一) 模型检查

1、 模型检查

A、 选择菜单：**HFSS 〉 Validation Check**

B、点击**关闭（Close）**按钮

注意：使用信息管理器可以看到任何错误或警告信息。

二) 分析

1、 开始求解过程

A、 选择菜单：**HFSS 〉 Analyze All**

F 5.3.15

三) 解数据

1、 查看解数据

A、 选择菜单：**HFSS 〉Results 〉 Solution Data**

a、 查看外形（Profile）

点击**外形（Profile）**按钮

b、 查看收敛

点击**收敛（Convergence）**按钮

注意：收敛的默认视图是表格。选择无线**图（Plot）**按钮可以查看收

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

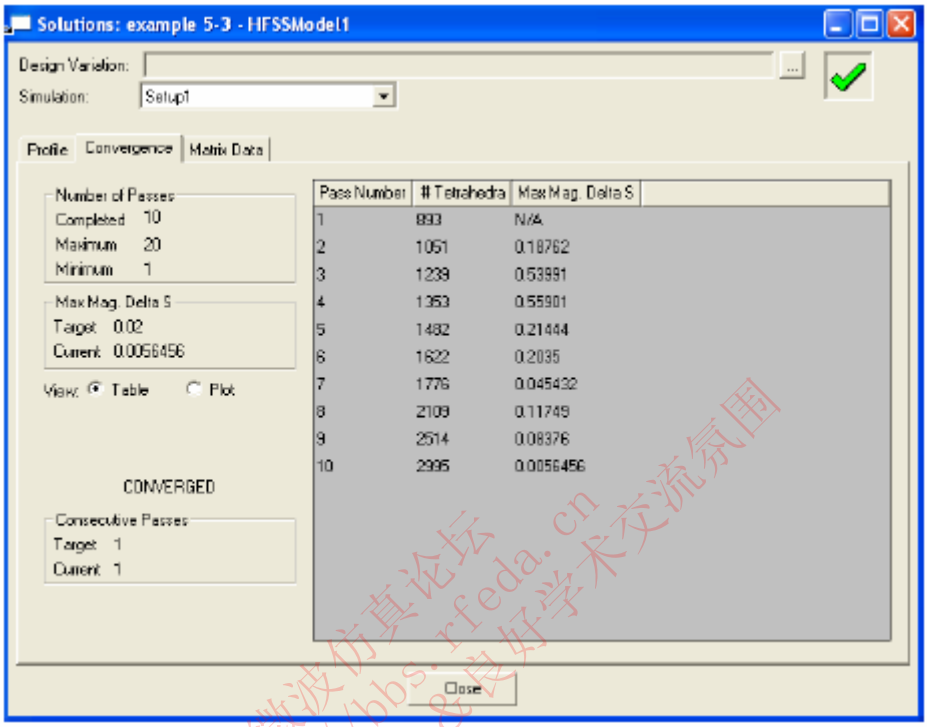
敛数据的图形。

c、 查看矩阵数据

点击**矩阵数据（Matrix Dara）**按钮

注意：为了观察实时矩阵输入的更新，可以设置 **Setup1，Last Adaptive** 的仿真。

B、点击**关闭**按钮



F 5.3.16

六. 创建报告

一) 创建终端 S 参数磁场图

1、 创建报告

1) 选择菜单：**HFSS 〉 Results 〉 Create Report**

2) 创建报告窗口：

a、报告类型：**终端 S 参数（Terminal S Parameters）**

b、显示类型：**直角坐标**

c、点击**确定**按钮

3) 轨迹窗口

a、 解：**Setup1：Sweep1**

b、 命令：**扫描**

c、 点击 **Y** 键

种类：**终端 S 参数**

数量：**St（P1，P1）**

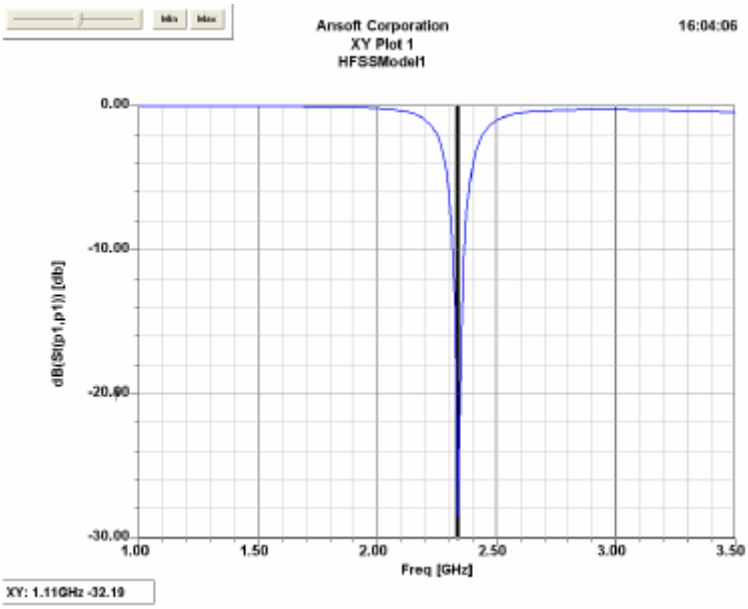
单位：**dB**

d、 点击**操作（Done）**按钮

4) 选择菜单 Report 2D 〉 Mark All Traces

a、 点击 Min 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 爱好学术交流氛围



F 5.3.17

二) 创建远场覆盖

1、创建一个二维远场极坐标图

1) 选择菜单：**HFSS** 〉 **Results** 〉 **Create Report**

2) 创建报告窗口：

a、报告类型：**远场（Far Fields）**

b、显示类型：**辐射格式（Radiation Pattern）**

c、点击**确定**按钮

3) 轨迹窗口

a、求解：**Setup1：Sweep1**

b、几何图：**ff_2d**

c、在**扫频（Sweep）**按钮中，在 **Name** 下选择 **Phi**，其下拉菜单中选择 **Theta**。这个改变可以先扫频 Theta。

d、在**扫频（Sweep）**按钮中，选择 **Freq** 行，然后选择列表中的 **2.3625**。

e、在 **Mag** 栏

种类：**增益（Gain）**

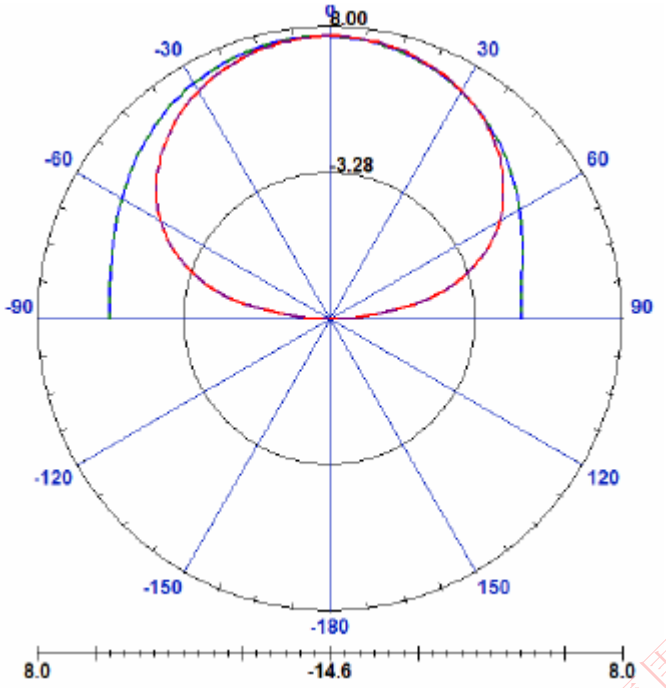
数量：**总增益（Gain Total）**

单位：**dB**

点击**添加轨迹（Add Trace）**按钮。

f、点击操作（Done）按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

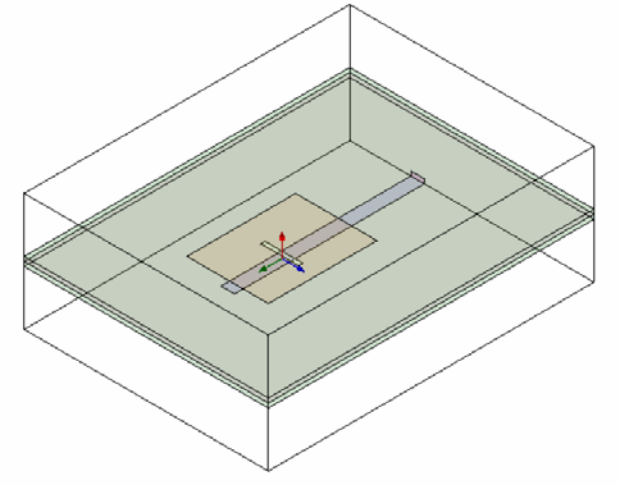


F 5.3.18

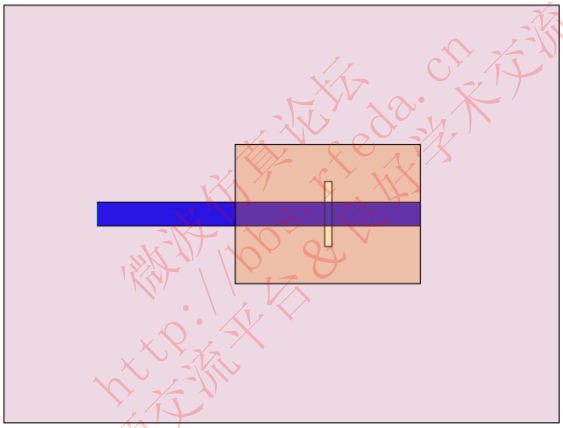
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第四节 缝隙耦合贴片天线

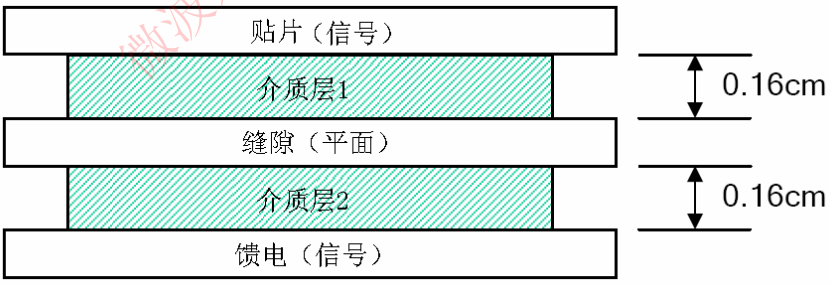
这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个缝隙耦合贴片天线



F 5.4.1



F 5.4.2



F 5.4.3

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&业好学术交流氛围

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。

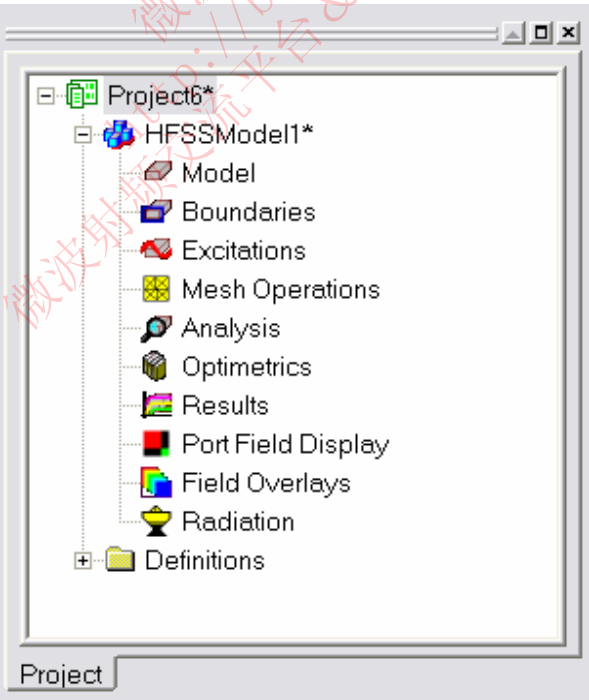
二）设置工具选项

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Ansoft 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）*。



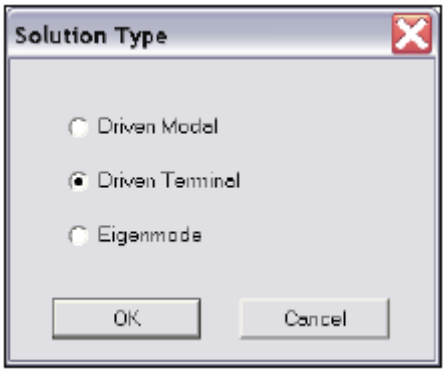
F 5.4.4

四）设置解决方案类型（Set Solution Type）

1. 选择菜单中的 *HFSS>解决方案类型（Solution Type）*
2. 解决方案类型窗口：

1）选择终端驱动（Driven Terminal）

2）点击 **OK** 按钮。

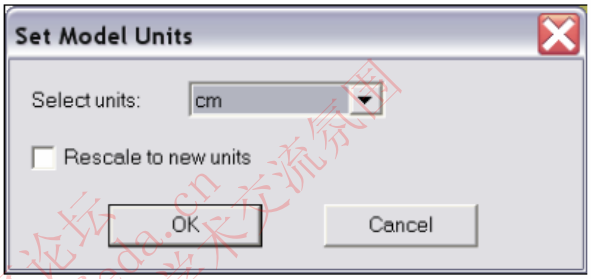


F 5.4.5

二. 创建三维模型

一) 设置模型单位

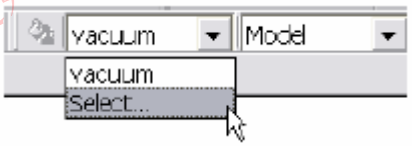
1. 选择菜单选项 3D Modeler>Units
2. 设置模型单位：
   1).选中单位：cm
   2). 点击“OK”按钮



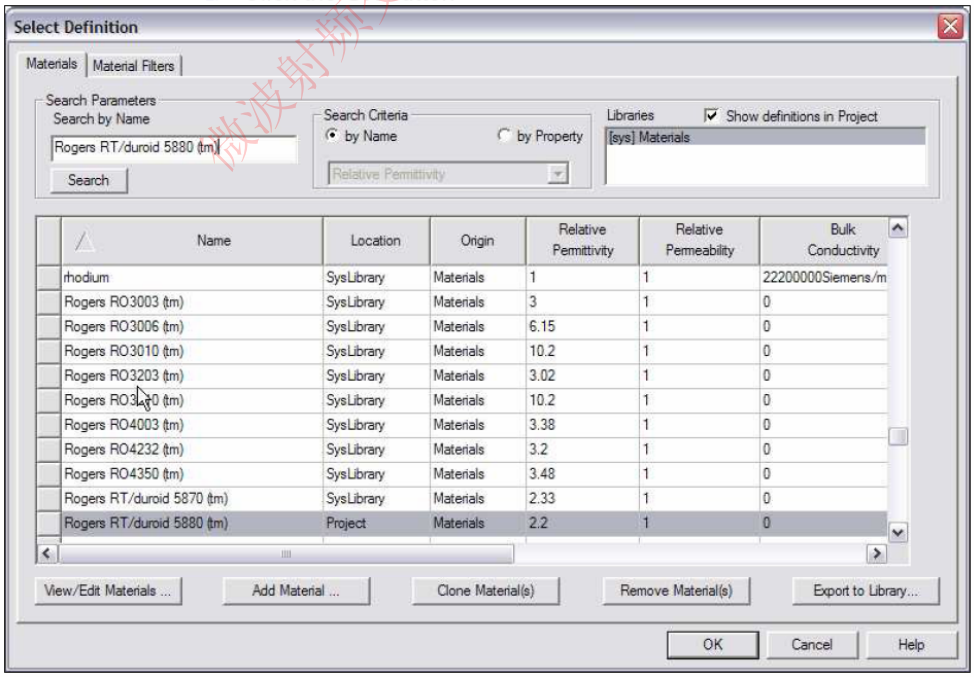
F5.4.6

二) 设置默认材料

1. 使用三维建模材料工具条，选择“choose”
2. “Select Definition”窗口：
   1). 在“Search by Name”文本框中键入“Rog
   2). 点击“OK”按钮



F5.4.7



F5.4.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

三) 创建介质基片

创建基片

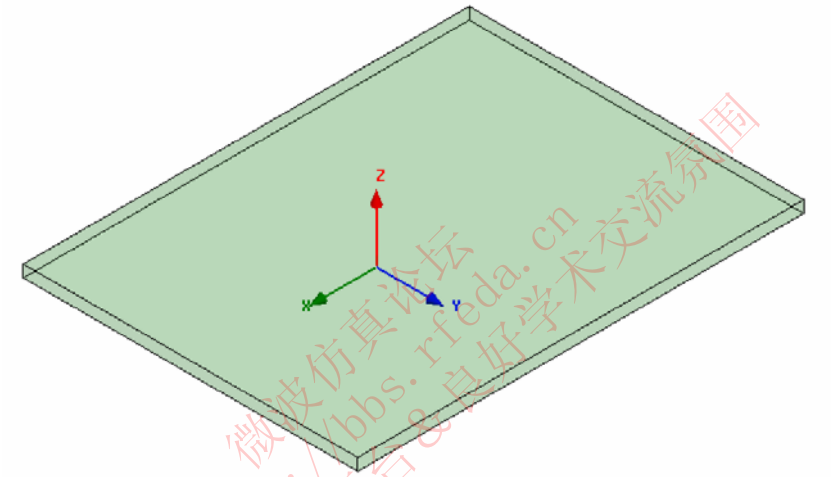
1. 选择菜单下拉选项 Draw >Box
2. 应用坐标信息框，输入 box 的位置
   1). X: -7.0, Y: -4.5, Z:0.0, 敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 box 对角的相对位置
   1).dX: 12.0, dY: 9.0, dZ: 0.32, 敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Sub1
3. 点击“OK”按钮

调整视图(to fit the view)

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View, 或者按“ctrl + D”键



F5.4.9

四) 创建馈源

创建馈源

1. 选择菜单下拉选项：Draw>Rectangle
2. 应用坐标信息框，输入 rectangle 的位置
   1). X: -5.0, Y: -0.2475, Z: 0.0, 敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 rectangle 另一对角的相对位置
   1).dX: 7.0, dY: 0.495, dZ: 0.0, 敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Feed
3. 点击“OK”按钮

调整视图

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View, 或者按“ctrl + D”键

五) Feed 赋电壁边界条件

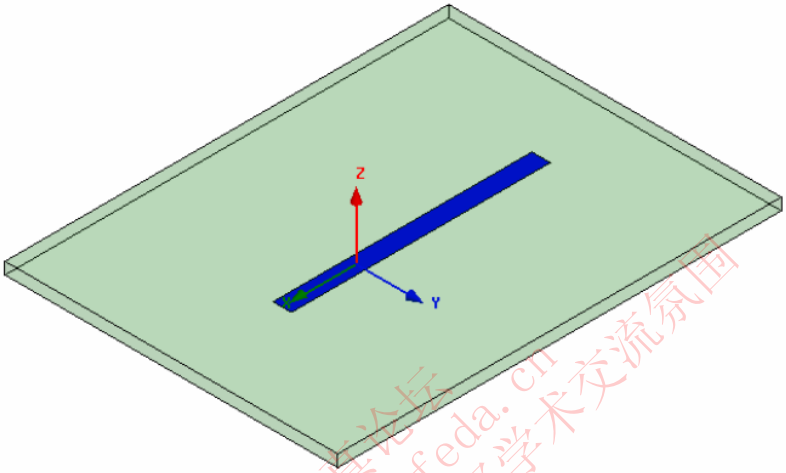
选中 feed

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>By Name
2. “Select Object”对话框
   1). 选择目标名称：Feed

2). 点击“OK”按钮

赋电壁边界条件

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Boundaries>Assign>Perfect E
2. “Perfect E Boundary”窗口
   1). Name 设置为：PerfE_Feed
   2). 取消“Infinite Ground Plane”选项
   3). 点击“OK”按钮



F5.4.10

六) 创建接地板

创建地

1. 选择菜单下拉选项：Draw>Rectangle
2. 应用坐标信息框，输入 rectangle 的位置
   1). X: -7.0, Y: -4.5, Z: 0.16，敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 rectangle 另一对角的相对位置
   1).dX: 12.0, dY: 9.0, dZ: 0.0，敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Ground
3. 点击“OK”按钮

调整视图

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View，或者按“ctrl + D”键

七) Ground 赋电壁边界条件

选中 Ground

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>By Name
2. “Select Object”对话框
   1). 选择目标名称：Ground
   2). 点击“OK”按钮

赋电壁边界条件

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Boundaries>Assign>Perfect E
2. “Perfect E Boundary”窗口

1). Name 设置为：PerfE_Ground
2). 取消“Infinite Ground Plane”选项
3). 点击“OK”按钮

八) 剪切创建缝隙

创建缝隙方块

1. 选择菜单下拉选项：Draw>Rectangle
2. 应用坐标信息框，输入 rectangle 的位置坐标
   1). X: -0.0775, Y: -0.7, Z: 0.16, 敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 rectangle 另一对角的相对位置
   1).dX:0.155, dY: 1.4, dZ: 0.0, 敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Slot
3. 点击“OK”按钮

调整视图

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View 调整视图

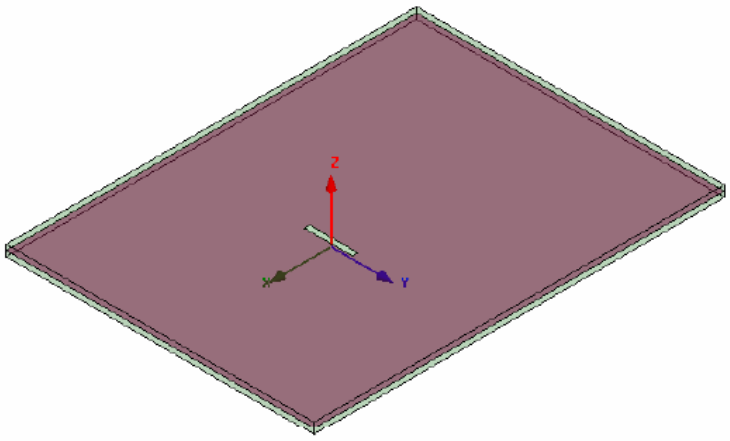
九) 整合接地板

选中目标模块 ground 和 slot

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>By Name
2. “Select Object”对话框
   1). 选择目标模块名称：Ground，Slot
   2). 点击“OK”按钮

剪切操作完成耦合缝

1. 选择菜单下拉选项：3D Modeler> Boolean>Subtract
2. “Subtract”窗口：
   1). 待剪切部件(Blank Parts): Ground
   2). 工具部件(Tool Parts): Slot
   3). 取消可选项“Clone tool objects before subtract”
   4). 点击“OK”按钮



F5.4.11

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

十) 创建贴片

创建贴片(patch)

1. 选择菜单下拉选项：Draw>Rectangle
2. 应用坐标信息框，输入 rectangle 的位置坐标
   1). X: -2.0, Y: -1.5, Z:0.32, 敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 rectangle 另一对角的相对位置
   1).dX:4.0, dY: 3.0, dZ: 0.0, 敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Patch
3. 点击“OK”按钮

调整视图

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View 调整视图

十一) 辐射贴片赋电壁边界条件

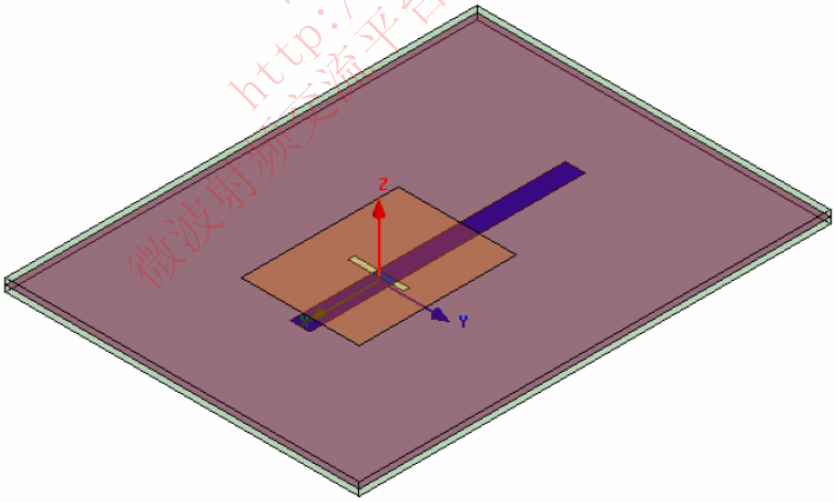
选中辐射贴片

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>By Name
2. “Select Object”对话框
   1). 选择目标名称：Patch
   2). 点击“OK”按钮

赋电壁边界条件

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Boundaries>Assign>Perfect E
2. “Perfect E Boundary”窗口
   1). Name 设置为：PerfE_Ground
   3). 点击“OK”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F5.4.12

十二) 设置缺省材料参数

设置缺省材料

1. 使用 3D Modeler materials 工具条，选择 Vacuum(真空)

F5.4.13

十三) 创建空气介质环境（天线工作环境）

创建空气介质环境

1. 选择菜单下拉选项 Draw >Box

2. 应用坐标信息框，输入 box 的位置

1). X: -7.0, Y: -4.5, Z: -2.0, 敲“回车”键

3. 应用坐标信息框，输入 box 对角的相对位置

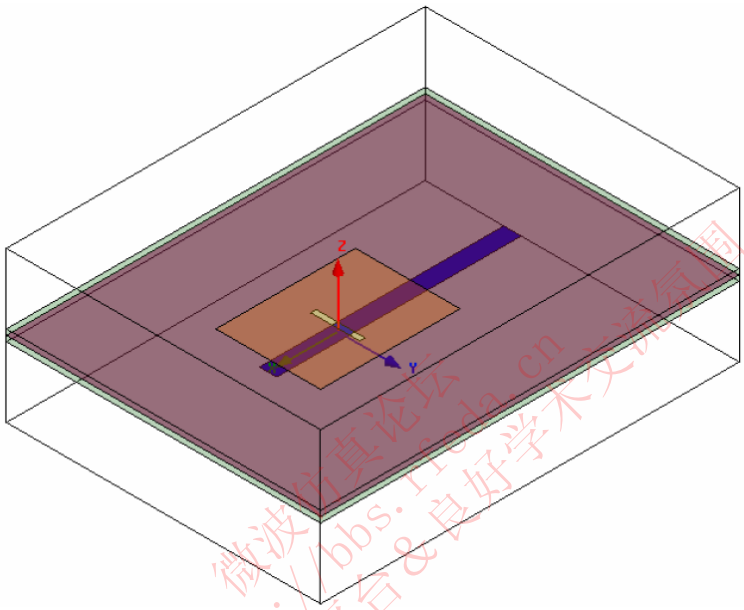
1).dX: 12.0, dY: 9.0, dZ: 4.32, 敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Air
3. 点击“OK”按钮

调整视图(to fit the view)

1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View



F5.4.14

十四) 创建辐射边界

选中表面

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>Faces
2. 选中模块 Air 的所有表面，除去 z＝0.0cm

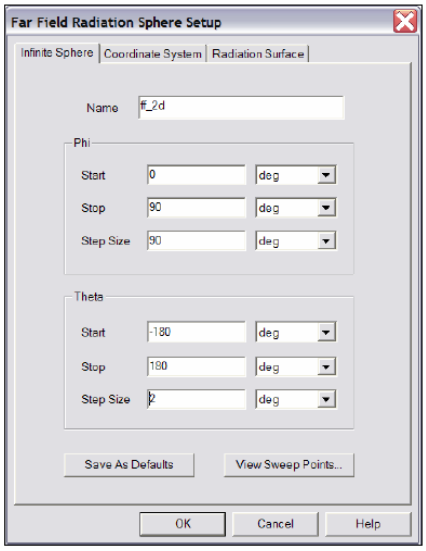
创建辐射边界

1. 选择主菜单下拉选项：HFSS>Boundaries>Radiation
2. Radiation Boundary 窗口：
   1). Name 项命名为: Rad1
   2). 点击“OK”按钮

十五) 辐射边界设置

定义辐射边界设置

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Radiation>Insert Far Field Setup>Infinite Sphere
2. “Far Field Radiation Sphere Setup”对话框：
   1). 选中 Infinite Sphere 选项卡
      a. Name 项设置为：ff_2d
      b. Phi:(Start: 0, Stop: 90, Size: 90)
      c. Theta:(Start: -180, Stop: 180, Size: 2)
   2). 点击“OK”按钮



F5.4.15

十六) 设置网格线平面

设置网格线平面

1. 选择菜单下拉选项：3D Modeler>Grid Plane>YZ

十七) 创建源端口

创建源：

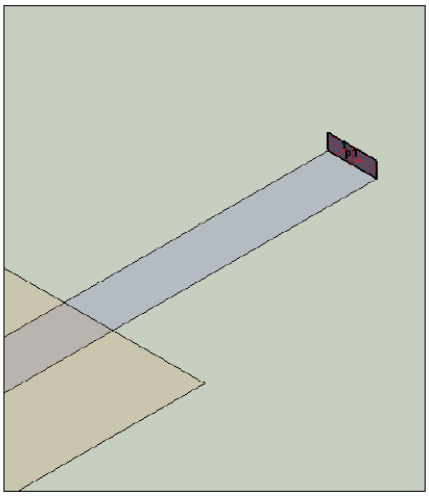
1. 选择主菜单下拉选项：Draw>Rectangle
2. 应用坐标信息框，输入 Rectangle 的位置坐标
   1). X: -7.0, Y: -0.2475, Z: 0.0，敲“回车”键
3. 应用坐标信息框，输入 Rectangle 对角的相对位置
   1).dX: 0.0, dY:0.495, dZ: 0.16，敲“回车”键

设置名称

1. 在“Properties”窗口，选择“Attribute”选项卡
2. 在“Name”项输入：Source
3. 点击“OK”按钮

调整视图(to fit the view)

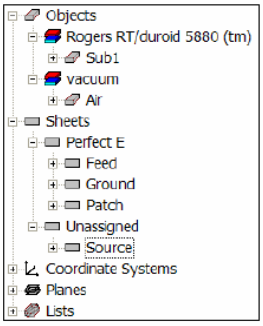
1. 选择菜单下拉选项 View>Fit All>Active View



F5.4.16

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

三. 源激励加载



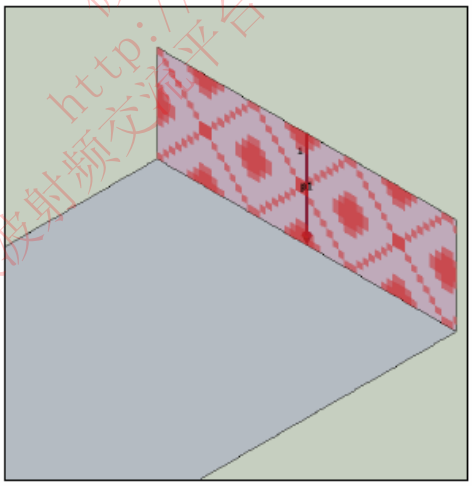
一). 选择目标

1. 选择菜单下拉选项：Edit>Select>By Name
2. “Select Object”对话框
   1). 选择目标名称：Source
   2). 点击“OK”按钮

提示：你也可以在模型树中选择该目标

二). 加载集总源激励

1. 选择菜单下拉选项：HFSSt>Excitation>Assign>Lumped Port F5.4.17
2. 集总端口：General 选项卡
   1). Name：p1
   2). 电阻(Resistance)：50
   3). 电抗(Reactance)：0
   4). 点击“Next”按钮
3. 集总端口：Terminals 选项卡
   1). 端口序号(Number of Terminals)：1
   2). 对应 T1，点击“Undefined”下拉项
   3). 应用坐标信息框，输入：
      X：-5.0, Y: 0.0, Z: 0.16
   4). 在坐标信息框中，输入：
      dX：0.0, dY：0.0, dZ: -0.16
   5). 点击“Next”按钮
   6). 点击“Finish”按钮



F5.4.18

四. 分析设置

一). 创建分析计算例程设置

创建分析设例程置步骤：

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup
2. “Solution Setup”窗口：
   1). 点击“General”选项卡：
      a. 求解中心频率：2.25GHz

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

b. Maximum Number of Passes: 20

c. Maximum Delta:0.02

2). 点击“OK”按钮

二). 添加频率扫描

添加频率扫描：

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Analysis Setup>Add Sweep

1). 选中分析计算例程：Setup1

2). 点击“OK”按钮

2. “Edit Sweep”窗口：

1). 扫描类型(Sweep Type): 快速(Fast)

2). 频率设置类型(Frequency Setup Type): Liner Count

a. Start: 1.0GHz

b. Stop: 3.5GHz

c. Count: 201

d. 选中可选项： Save Field

3). 点击“OK”按钮

五. 工程存盘

一). 保存工程

1. 在 Ansoft HFSS 界面窗口中，选择主菜单下拉列表：File>Save As.
2. 在“Save As”窗口中，键入文件名：hfss_slotpatch
3. 点击“Save”按钮

六. 分析

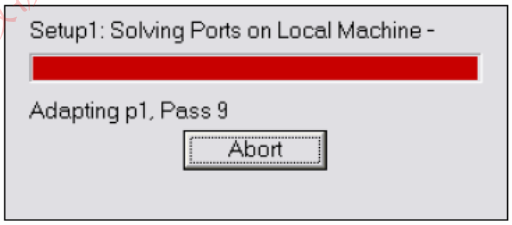
一). 模型有效性分析

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Validation Check
2. 点击“Close”按钮

提示: 可以使用消息管理器，查看模型错误或警告信息

二). 启动分析计算

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Analyze All



F5.4.19

七. 创建报告

一). 看求解状态数据

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Result>Solution Data

1). 查看整体轮廓(Profile)

点击“Profile”选项卡

2). 查看收敛性(Convergence)

a. 点击“Convergence”选项卡

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

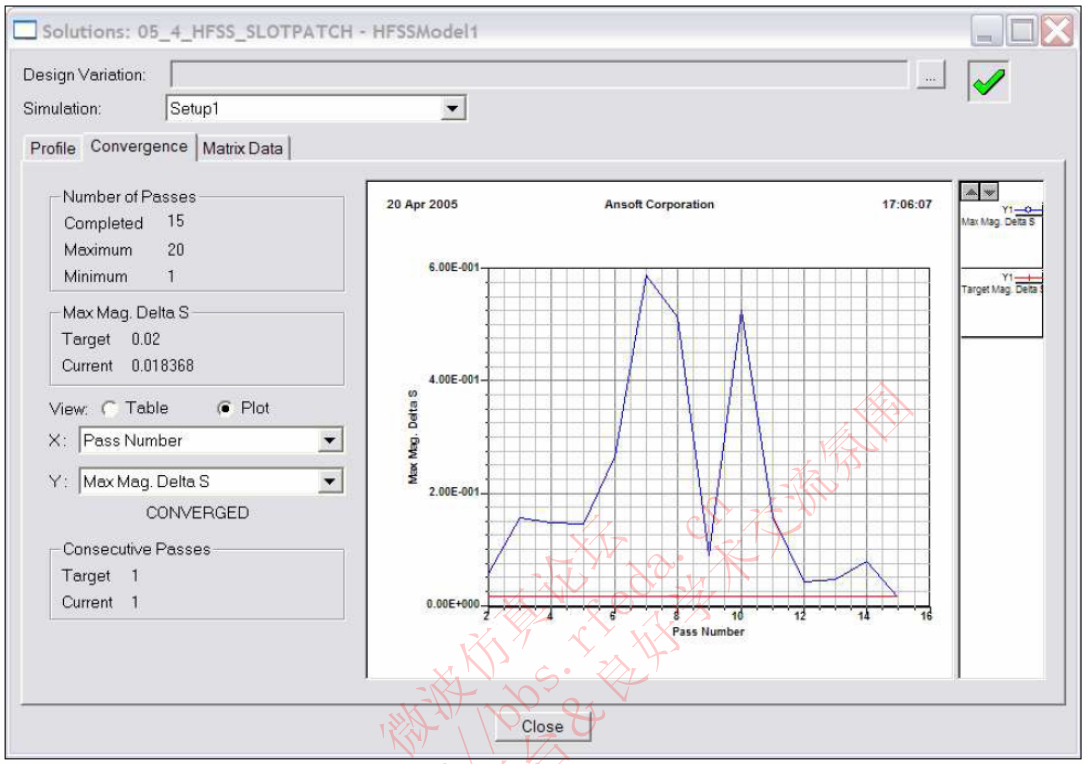
注意：Convergence 默认为表格形式，选择 Plot 比率选项查看 Convergence 数据的曲线形式

3). 查看矩阵数据

a. 点击“Matrix Data”选项卡

注意：查看“Matrix Data”实时更新数据，请在 Simulation 中选择：Setup1，Last Adaptive

2. 点击“Close”按钮

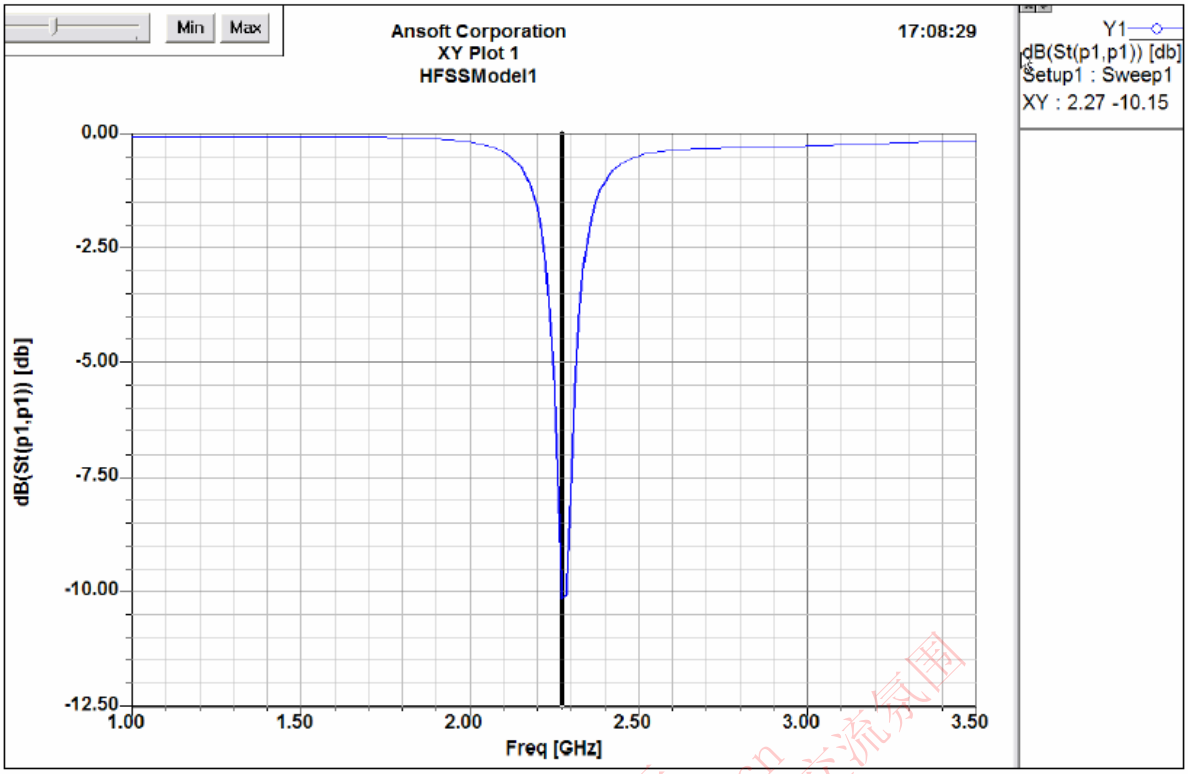


F5.4.20

二). 建集总端口 S 参数幅度曲线

结果汇报

1. 选择菜单下拉选项：HFSS>Result>Create Report
2. “Create Report”窗口：
   1). Report Type: Terminal S Parameters
   2). 显示类型(Display Type): Rectangle
   3). 点击“OK”按钮
3. “Traces”窗口:
   1). Solution: Setup1:Sweep1
   2). Domain: Sweep
   3). 点击 Y 选项卡
      a. Category: Terminal S Parameter
      b. Quantity: St(p1,p1)
      c. Function: dB
      d. 点击“Add Trace”按钮
   4). 点击“Done”按钮
4. 选择菜单 Report 2D> Mark All traces
   1). 点击“Min”按钮



F5.4.21

三). 远场方向图

远场覆盖图

1．选择菜单下拉选项：HFSS>Result>Create Report

2．“Create Report”窗口：

1). Report Type 项选择：Far Field

2). Display Type 项选择：Radiation Pattern

3). 点击“OK”按钮

3．“Trace”窗口：

1). Solution 项选：Setup1：Sweep1

2). Geometry 项：ff_2d

3). 在“Sweep”选项卡，在 Name 栏点击“Phi”项，在下拉列表中选择“Theta ”，完成方向图主扫描为“Theta”的切换

4). 在“Sweep”选项卡中，选择标有“Freq”项，并在右边的列表清单中选中 2.3 这一项。

5). 点击“Mag”切换选项卡，在“Mag”选项卡中：

a. Category: Gain

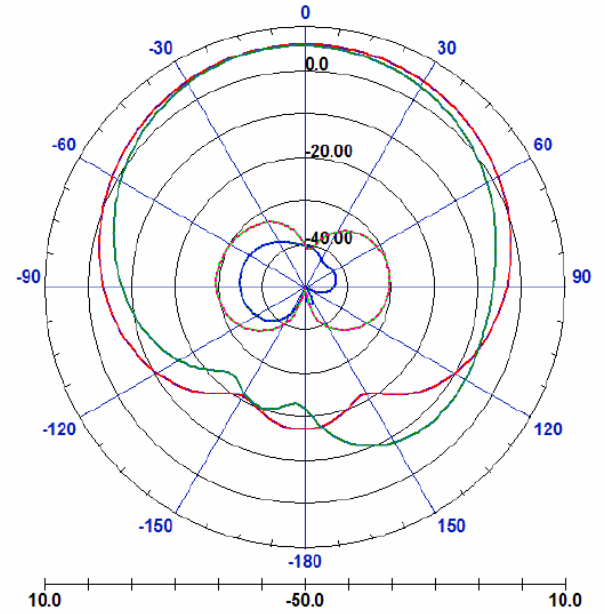
b. Quantity: GainPhi, GainTheta

c. Function: dB

d. 点击“Add Trace”按钮

6). 点击“Done”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&志好学术交流氛围



F5.4.22

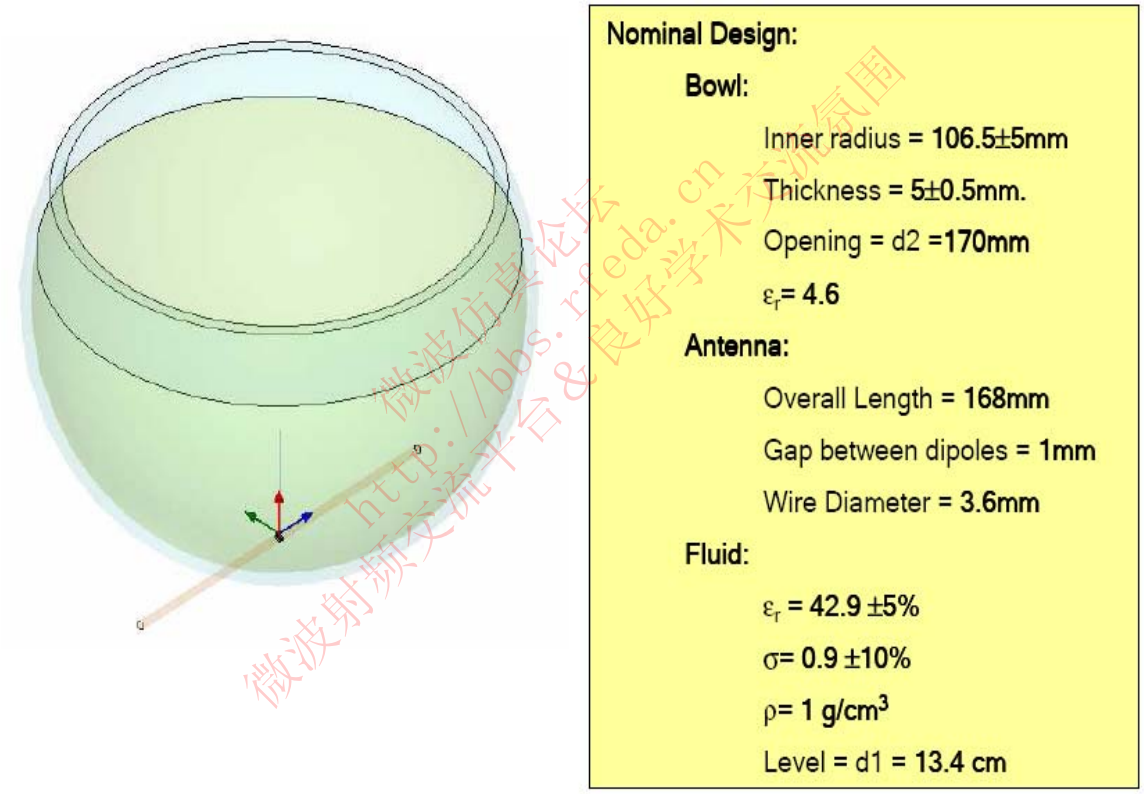
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

第五节 吸收率

吸收率（SAR）

1. **这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个**简单的仿真模型,它经常用于标定测试装置的**吸收率（SAR）。**
2. 随着对无线设备的消费需求的急剧增长，消费者以及媒体对于长期暴露于无线电辐射（RFR）所产生的生物影响越来越关心。为了确保公共安全，联邦通信委员会（FCC）已经对在美销售的无线设备建立了一套安全标准（其他国家也有类似的标准）。对于能量吸收的的定量分析称为吸收率或者是 SAR。



F 5.5.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

Ansoft HFSS 分析标准 IEEE P1528-2002 描述的平坦仿真模型的吸收率

1. 参考：文稿中人体头部对无线通信设备设备的空间峰值吸收率（SAR）的推荐标准见测量技术部分；
2. 下表总结了 Ansoft HFSS 采用 IEEE 文稿中关于吸收率（SAR）测量中描述的平坦仿真模型所获得的 SAR 数值；

Frequency (MHz)	1g SAR	10g SAR	Local SAR at surface (above feedpoint)	Local SAR at surface (y= 2cm offset from feedpoint)
300	3.06 (3.0)	2.07 (2.0)	4.63 (4.4)	2.20 (2.1)
450	4.98 (4.9)	3.31 (3.3)	7.59 (7.2)	3.28 (3.2)
835	9.62 (9.5)	6.26 (6.2)	14.71 (14.1)	4.93 (4.9)
900	10.98 (10.8)	7.02 (6.9)	17.01 (16.4)	5.47 (5.4)
1450	29.83 (29.0)	16.50 (16.0)	53.90 (50.2)	6.54 (6.5)
1800	39.36 (38.1)	20.45 (19.8)	74.39 (69.5)	6.85 (6.8)
1900	40.97 (39.7)	21.21 (20.5)	78.02 (72.1)	6.54 (6.6)
2450	55.42 (52.4)	25.42 (24.0)	115 (104.2)	8.09 (7.7)
3000	65.81 (63.8)	26.48 (25.7)	157.66 (140.2)	8.8 (9.5)

3. HFSS 结果：测量数据见上表中括号内部分。总的说来，使用 HFSS 仿真获得的数据和测量数据基本上一致。但在本地 SAR 值上稍高于测量值。这可能是由于使用了 50 欧姆的集总参数的间隙源去近似偶极子的不平衡变压器反馈。通过对包括反馈点的平坦仿真模型内场强的计算获得 1g 和 10g 的 SAR 值

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流空间

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

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。

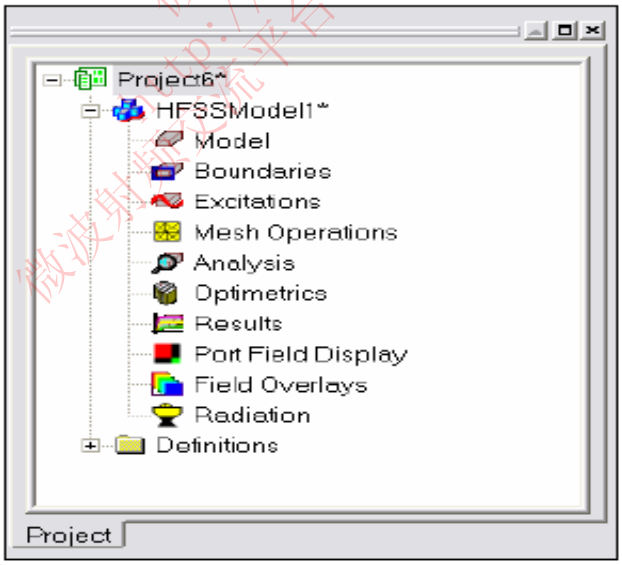
二）设置工具选项

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

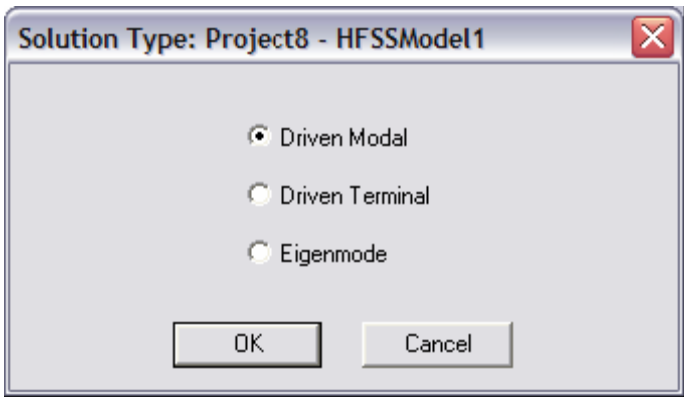
1. 在HFSS窗口，点击标准工具栏中的新建图标，或者选这菜单中***File>New***
2. 从*工程（Project）*菜单中选择*插入HFSS设计（Insert HFSS Design）*。



F 5.5.2

四）设置解决方案类型（Set Solution Type）

1. 选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***
2. 解决方案类型窗口：
   1）选择模式驱动（Driven Modal）
   2）点击 **OK** 按钮。

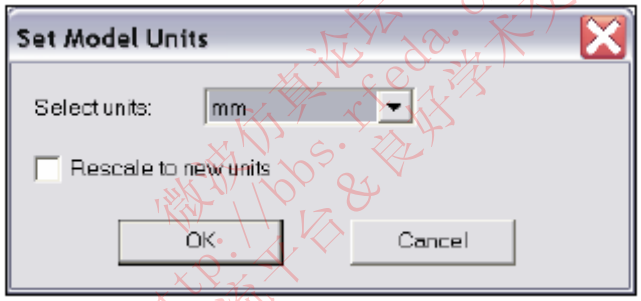


F 5.5.3

二. 创建 3D 模型

一）设置模型单位

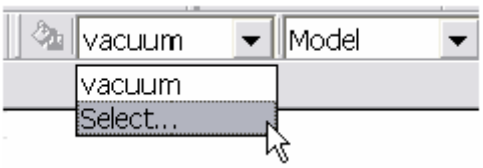
1. 在菜单中选择3D Modeler > Units
2. 设置模型单位
   1）选择单位：mm
   2）单击OK



F 5.5.4

二）设置缺省材料

1. 在3D模型材料工具栏中，选择Select
2. 定义材料窗口
   1）在Search by Name区域输入pec
   2）单击OK



F 5.5.5

微波射频交流平台&良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

F 5.5.6

三）创建偏移坐标系

1. 在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Create >Relative CS > Offset
2. 在坐标输入区域，输入偏移坐标系坐标原点X: 0.0, Y: 0.0, Z: -6.8,单击OK

四）创建偶极子天线的一条臂

1. 设置网格平面
   在菜单中选择3D Modeler > Grid Plane > XZ
2. 创建偶极子天线
   1）在菜单栏中选择Draw > Cylinder
   2）在坐标输入区域，输入圆柱位置坐标：X: 0.0, Y: -84.0, Z: 0.0,单击OK
   3）在坐标输入区域，输入半径：dX: 1.8, dY: 0.0, dZ: 0.0,单击OK
   4）在坐标输入区域，输入高度：dX: 0.0, dY: 83.5, dZ: 0.0,单击OK
3. 命名
   1）在属性窗口中选择Attribute标签
   2）在名字字段输入Dipole
   3）点击OK按钮
4. 调整视角
   在菜单中选择View > Fit All > Active View.或者使用快捷键CTRL+D

五）创建偶极子天线的第二条臂

1. 在菜单中选择Edit > Select All Visible.或者使用快捷键CTRL+A。
2. 在菜单中选择Edit > Duplicate > Mirror.
   1）输入镜像平面的定位点：X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,点击OK
   2）输入镜像平面法线的另一点：dX: 0.0, dY: 1.0, dZ: 0.0,点击OK

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

六）将偶极子天线的两条臂组成一组

1. 在菜单中选择Edit > Select All Visible
2. 在菜单中选择3D Modeler > Boolean > Unite

七）设置网格平面

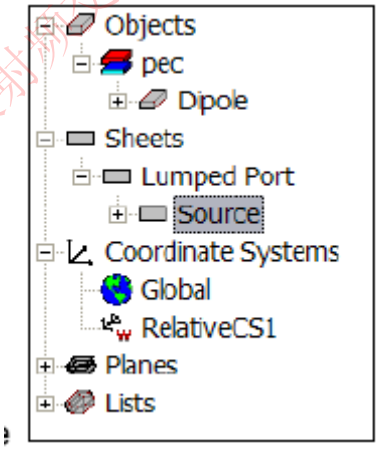
在菜单中选择3D Modeler > Grid Plane > XY

八）创建激励源

1. 创建激励源
   1）在菜单中选择Draw > Rectangle
   2）在坐标输入区域，输入矩形位置：X: -1.8, Y: -0.5, Z: 0.0,单击OK
   3）在坐标输入区域，输入矩形对角点坐标：dX: 3.6, dY: 1.0, dZ: 0.0,点击OK
2. 设置名称
   1）在属性窗口中选择Attribute标签
   2）在名字字段输入Source
   3）点击OK
3. 调整视角
   在菜单中选择View > Fit All > Active View.

九）分配激励源

1. 选择目标源
   1）在菜单中选择Edit > Select > By Name
   2）选择目标对话框
      a）选中物体的名字：Source
      b）点击OK
   提示：你也可以在模型树中选中这个物体



F 5.5.7

2. 分配集总端口激励：
   1）在菜单中选择HFSS > Excitations > Assign > Lumped Port
   2）集总端口概要（General）
      a）名称：p1
      b）阻抗：50欧姆

微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

c）电抗：0欧姆

d）点击Next

3）集总端口模式

a）模式数目：1

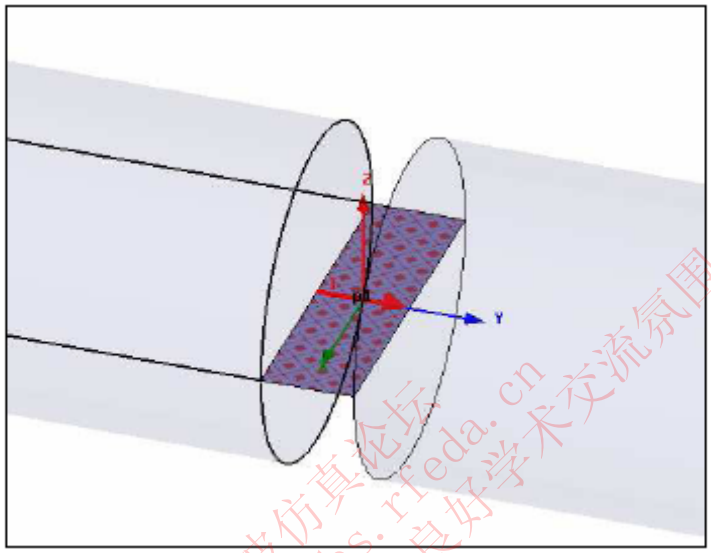
b）对于模式1，点击None列，选择新线New Line

c）在坐标输入区域，输入向量起点X: 0.0, Y: -0.5, Z: 0.0,点击OK

d）在坐标输入区域，输入向量终点dX: 0.0, dY: 1.0, dZ: 0.0,点击OK

e）点击Next按钮

f）点击Finish按钮

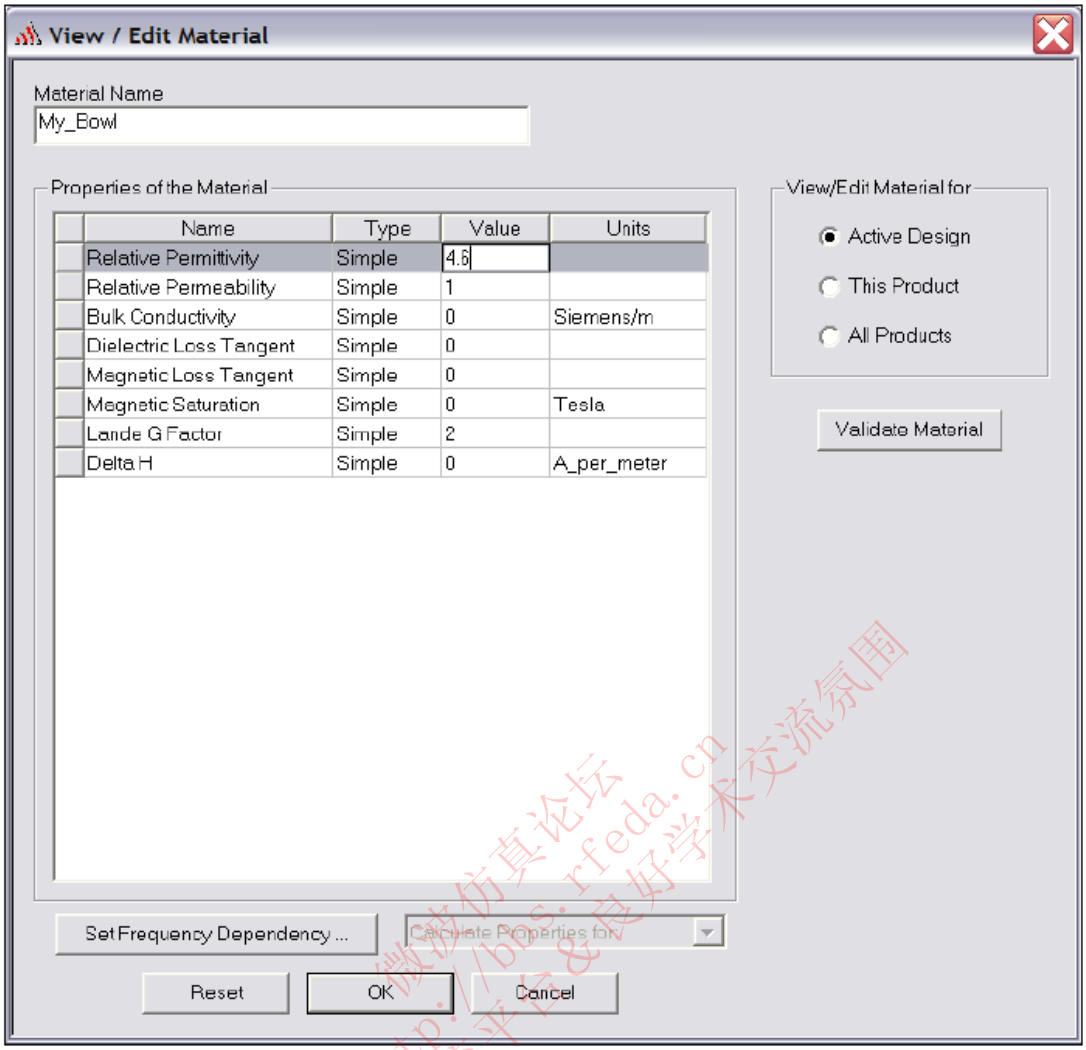


F 5.5.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛交流平台&良好学术交流氛围

十）添加新材料

1. 在3D模型工具栏中选择Select
2. 在选择定义材料窗口，点击Add Material按钮
3. 在查看编辑材料窗口中：
   1）在Material Name区域中输入：My_Bowl
   2）在Relative Permittivity区中域输入4.6
   3）点击OK
4. 点击OK



F 5.5.9

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

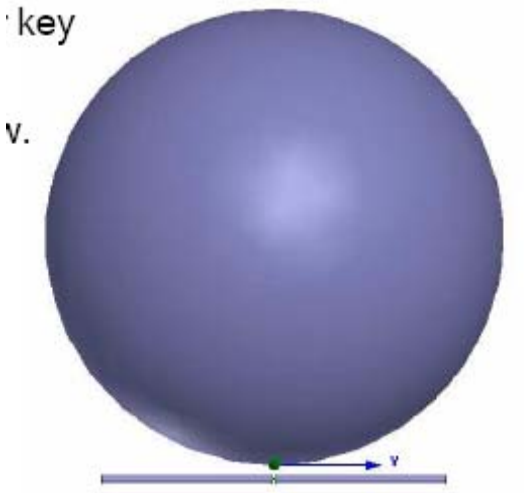
十一）设置工作坐标系

1. 在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS
2. 选择坐标系窗口
   1）在下拉菜单中，设置CS为Global
   2）点击Select按钮

十二）创建碗状物

1. 创建网状物
   1）在菜单中选择Draw > Sphere
   2）在坐标输入区域输入球心位置：X: 0.0, Y: 0.0, Z: 111.5，然后回车
   3）在坐标输入区域输入球体半径：dX: 111.5, dY: 0.0, dZ: 0.0，然后回车
2. 设置名称
   1）在Properties窗口中选择Attribute标签
   2）在Name的Value字段中输入Bowl
   3）点击OK
3. 调整视角

在菜单中选择View > Fit All > Active View.



F 5.5.10

十三）设置偏移坐标系

1．在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Create >Relative CS > Offset
2．在坐标输入区域输入坐标原点X: 0.0, Y: 0.0, Z: 164.0，然后回车

十四）创建碗状物（**Bowl**）的开口

1．选择物体Bowl：
   1）在菜单中选择Edit > Select > By Name
   2）选择物体对话框，
      a）选择物体名称为Bowl
      b）点击OK
2．将Bowl分离
   1）在菜单中选择3D Modeler > Boolean > Split
   2）在分离窗口中
      a）Split Plane为XY
      b）Keep Fragments为Negative Side
      c）点击OK

十五）添加新材料

1．在三维模型材料工具条中选择Select
2．在选择定义窗口，点击Add Material按钮
3．在查看/编辑材料窗口中：
   1）在Material Name中输入My_BrainFluid
   2）在Relative Permittivity中输入42.9
   3）在Bulk Conductivity中输入0.9
   4）点击OK

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

十六）设置工作坐标系：

1. 在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS
2. 选择坐标系窗口
   1）在下拉菜单中，设置CS为Global
   2）点击Select按钮

十七）创建脑部液体

1. 创建脑部液体
   1）在菜单中选择Draw > Sphere
   2）在坐标输入区域，输入球心坐标X: 0.0, Y: 0.0, Z: 111.5，然后回车
   3）在坐标输入区域，输入球体半径dX: 106.5, dY: 0.0, dZ: 0.0,，后回车
2. 设置名称
   1）在Properties窗口中选择Attribute标签
   2）在Name的Value字段中输入BrainFluid
   3）点击OK
3. 调整视角
   在菜单中选择View > Fit All > Active View.

十八）创建碗状物的外壳

1. 选择Bowel和BrainFluid
   1）在菜单中选择Edit > Select > By Name
   2）选择物体对话框，
      a）选择物体名字：Bowl，BrainFluid
      b）点击OK
2. 完成Bowl
   1）在菜单中选择3D Modeler > Boolean > Subtract
   2）在Substract窗口
      a）Blank Part：Bowl
      b）Tool Part：BrainFluid
      c）选中Clone tool objects before subtracting
      d）点击OK

十九）创建偏置坐标系

1. 创建偏置坐标系步骤：
2. 在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Create >Relative CS > Offset
3. 在坐标输入区域输入坐标原点X: 0.0, Y: 0.0, Z: 134.0,然后回车

二十）设置脑液的水平高度

1. 选择BrainFluid
   1）在菜单中选择Edit > Select > By Name
   2）在选择物体对话框中，
      a）选中名为BrainFluid的物体
      b）点击OK
2. 分离物体Bowl：

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

1）在菜单中选择3D Modeler > Boolean > Split
2）在分离窗口中，
a）分离平面（Split Plane）：XY
b）保留部分（Keep Fragment）：Negative Side
c）点击OK

二十一）创建 SAR 积分线

1. 画线
1）在菜单中选择Draw > Line
2）在坐标输入区域输入起点坐标：X: 0.0, Y: 0.0, Z: -129.0,然后回车
3）在坐标输入区域输入终点坐标，X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,然后回车
4）在坐标终点再次按下回车
2. 命名
1）在Properties窗口中选择Attribute标签
2）在Name的Value中输入SAR_Line
3）点击OK

二十二）设置工作坐标系：

1. 在菜单中选择3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS
2. 选择坐标系窗口
1）在下拉菜单中选择CS为RelativeCS1
2）点击Select按钮

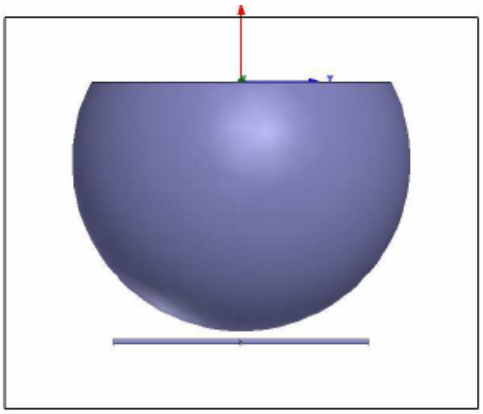
二十三）设置缺省材料值

在三维模型材料工具栏中选择真空（vacuum）

二十四）创建空气盒

1. 创建空气盒
1）在菜单中选择Draw > Box
2）在坐标输入区域，输入盒的起点坐标：X: -155.0, Y: -155.0, Z: -44.0,然后回车
3）在坐标输入区域输入盒的对角坐标dX: 310.0, dY: 310.0, dZ: 257.0,然后回车
2. 命名步骤：
1）在Properties窗口中选择Attribute标签
2）在Name的Value中输入Air
3）点击OK
3. 调整视角：
在菜单中选择View > Fit All > Active View.

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真频交流平台 & 良好学术交流氛围



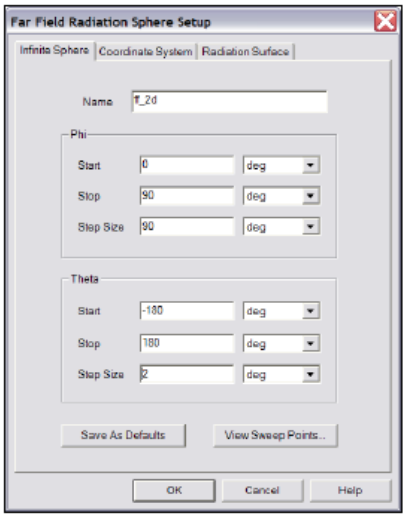
F 5.5.11

二十五）设置辐射边界

1. 选中物体Air步骤：
   1）在菜单中选择Edit > Select > By Name
   2）在物体对话框中，
      a）选择命名为Air的物体
      b）点击OK
2. 设置辐射边界
   1）在菜单中选择HFSS > Boundaries > Assign > Radiation
   2）在辐射边界窗口
      a）Name：Rad1
      b）点击OK

二十六）创建计算辐射步骤

1. 在菜单中选择HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere
2. 在计算远场辐射步骤对话框中
   1）选中Infinite Sphere标签
      a）Name：ff_2d
      b）Phi: (Start: 0, Stop: 90, Step Size: 90)
      c）Theta: (Start: -180, Stop: 180, Step Size: 2)
   2）点击OK



F 5.5.12

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

三. 分析设置

一）创建分析设置

1. 在菜单中选择HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup
2. 在求解设置窗口：
   1）点击General标签：
      a）Solution Frequency为0.835GHz
      b）Maximum Number of Passes为20
      c）Maximum Delta S为0.02
   2）点击OK

四. 保存工程

一）保存项目

1. 在Ansoft HFSS窗口中，在菜单中选择File > Save As。
2. 在Save As窗口中，输入文件名：hfss_sar
3. 点击Save按钮

五. 分析

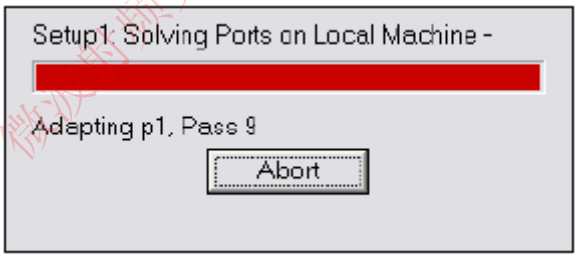
一）模型确认

1. 在菜单中选择HFSS > Validation Check
2. 点击Close按钮

提示：可以在消息管理器（Message Manager）中查看错误以及警告信息分析

二）分析

在菜单中选择HFSS > Analyze All



F 5.5.13

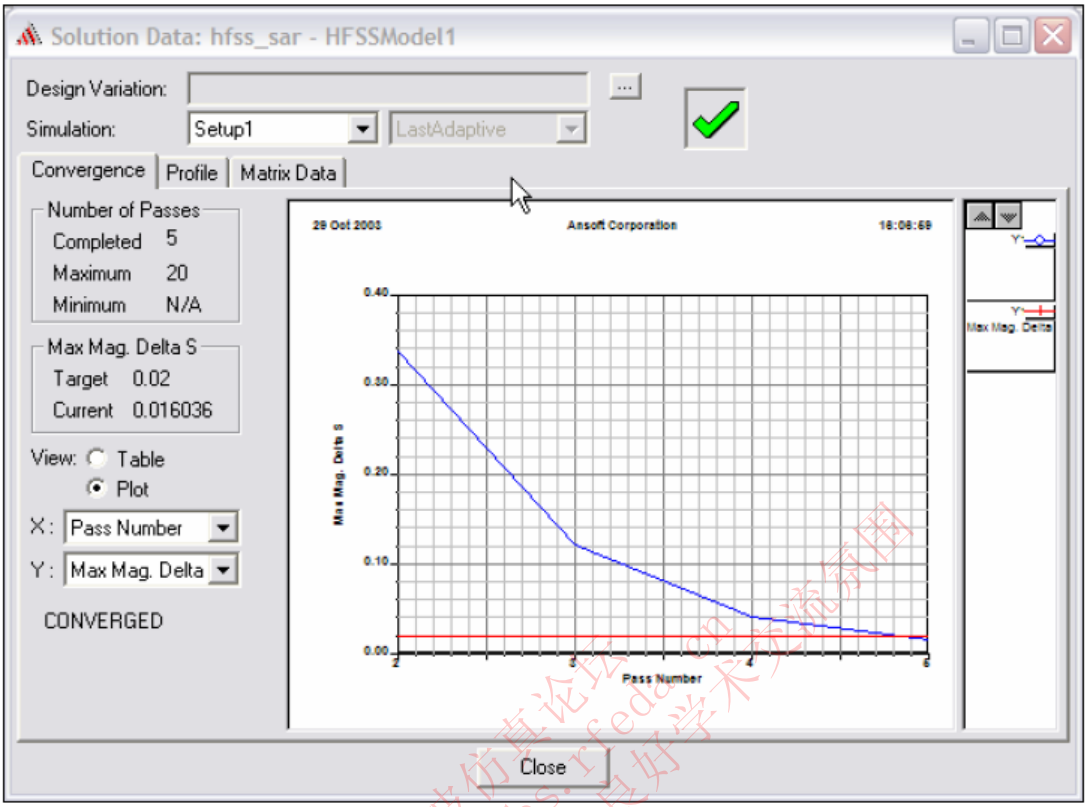
三）结果数据

1. 在菜单中选择HFSS > Results > Solution Data
   1）点击Profile标签，查看剖面
   2）点击Convergence标签，查看收敛（Convergence）
      提示：默认的查看收敛的方式是表格。选择图形（Plot）单选按钮可以以图形的方式查看收敛数据。
   3）点击Matrix标签，查看矩阵（Matrix）数据

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

提示：要想看到最近更新了的矩阵数据，将仿真选择为Setup1, Last Adaptive

2．点击Close按钮



F 5.5.14

六. 创建结果报告

一）创建包含 S 参数和迭代次数的图表

提示：如果结果报告在求解之前或者求解时被创建，那么将显示一个实时更新的结果。

1．在菜单中选择HFSS > Results > Create Report

2．在创建报告（Create Report）窗口中

1）报告类型（Report Type）：S参数模型（Modal S Parameters）

1）显示类型：矩形图表（Rectangular）

1）点击OK

3．描记线窗口：

1）求解结果（Solution）：Setup1: Adaptive1

2）点击Y标签

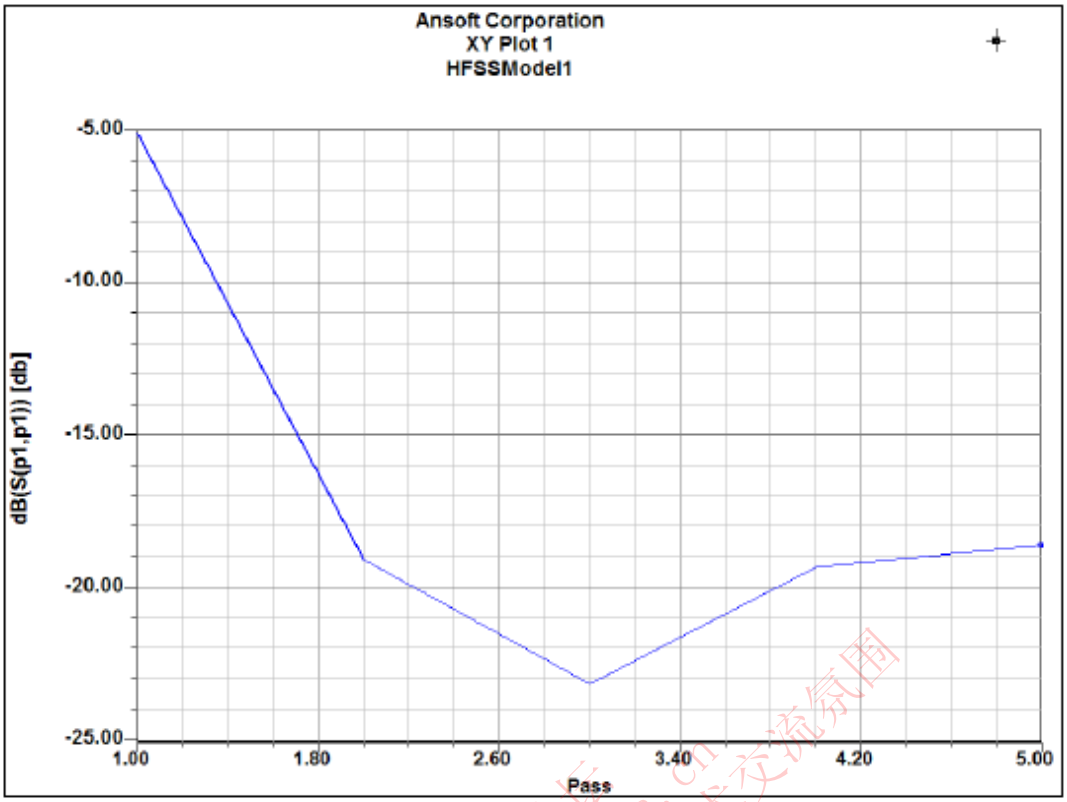
a）类别：端口S参数

b）函数：St(p1,p1),

c）单位：dB

d）点击Add Trace按钮

3）点击完成（Done）按钮

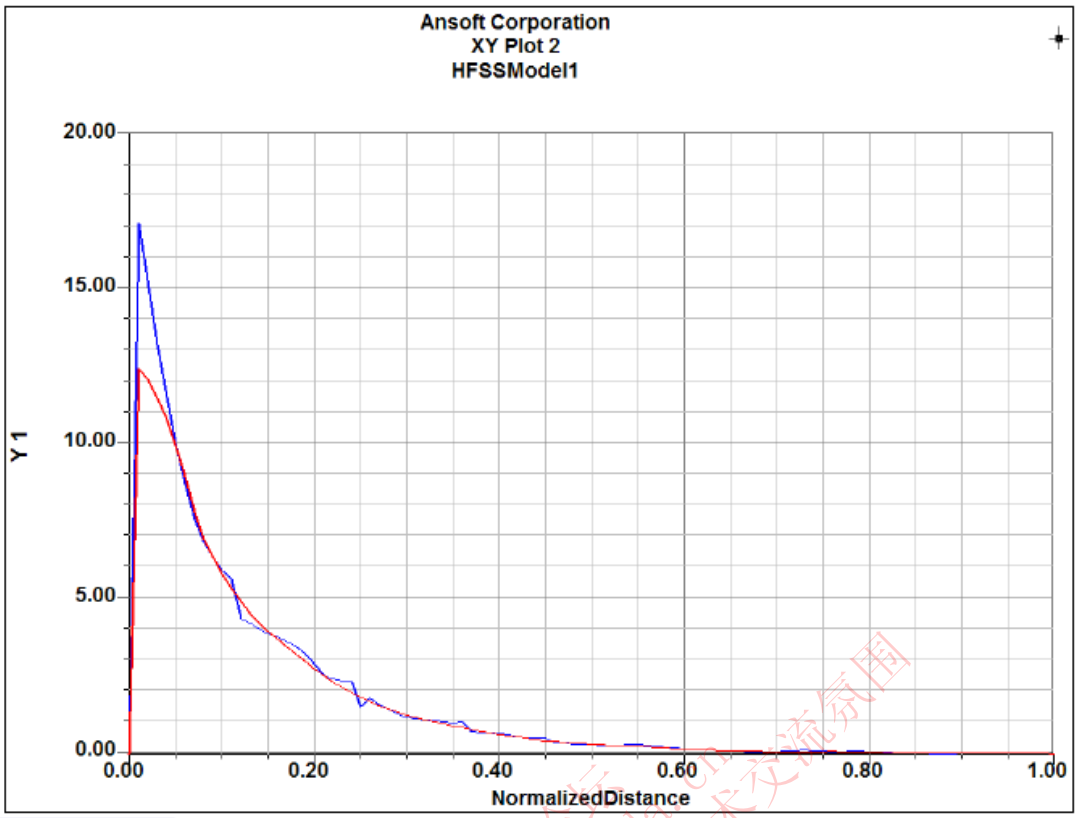


F 5.5.15

二）创建 SAR 图表

1. 在菜单中选择HFSS > Results > Create Report
2. 在创建报告窗口中，
   1）报告类型：Fields
   2）显示类型：Rectangular
   3）点击OK
3. 描记线窗口中：
   1）求解：Setup1: LastAdaptive
   2）几何物体：SAR_Line
   3）点击Y标签
      a）类别(Category)：表达式计算（Calculator Expressions）
      b）变量(Quantity)：Local_SAR, Average_SAR
      c）单位(Function)：None
      d）点击添加曲线(Add Trace)
   4）点击Done按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 5.5.16

三）创建场覆盖图

1．选择全局（Global）为YZ平面步骤：

1）在模型树中，展开平面（Planes）

选择全局（Global）：YZ

2）在菜单中选择HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E

3）创建场图窗口

a）求解（Solution）：Setup1 : LastAdaptive

b）变量（Quanlity）：Mag_E

c）区域（In Volume）：BrainFluid

d）点击Done按钮

2．修改场图属性步骤：

1）在菜单中选择HFSS > Fields > Modify Plot Attributes

2）在绘图折叠窗口中：

a）选择：E Field

b）点击OK

3）在E-Field1窗口中：

a）点击Scale标签

i）选择Use Limits

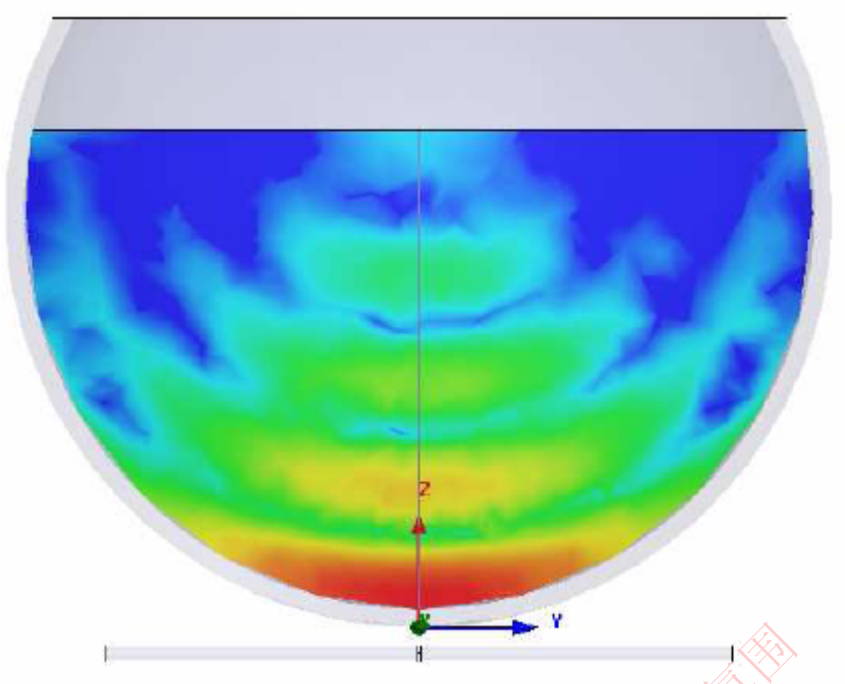
ii）Min：2

iii）Max：200

iii）Scale：log

b）点击Close

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

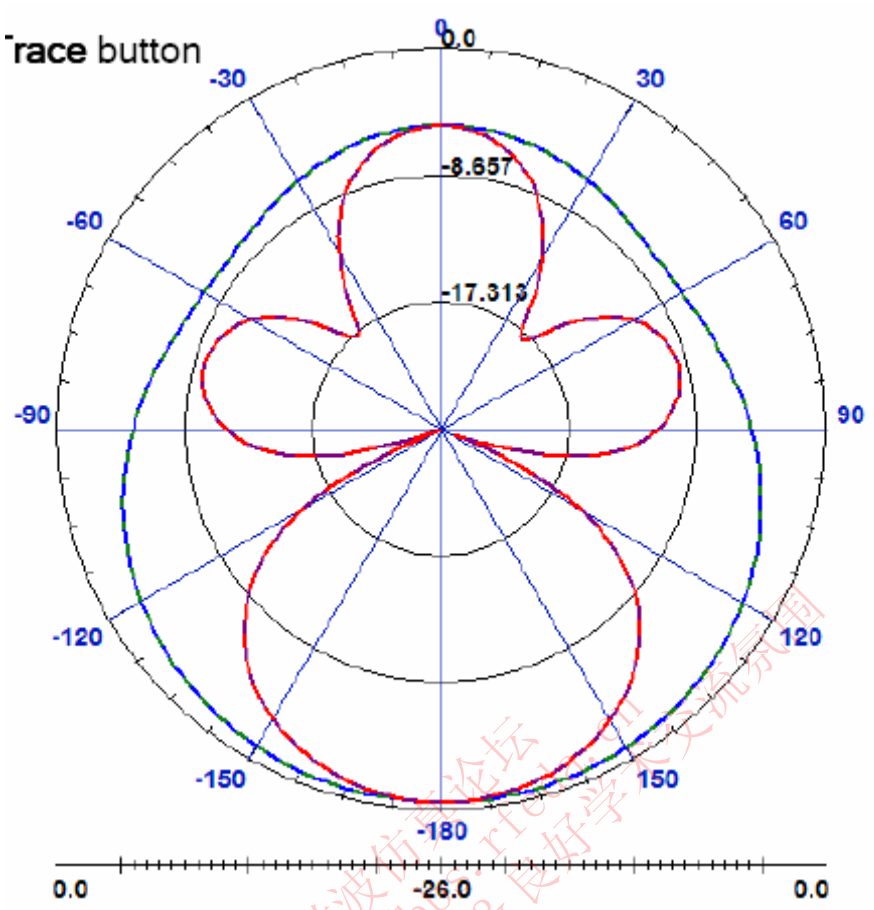


F 5.5.17

四）创建远场覆盖方向图

1. 在菜单中选择HFSS > Results > Create Report
2. 创建报告窗口：
   1）报告类型（Report Type）：远场（Far Fields）
   2）显示类型（Display Type）：辐射方向图（Radiation Pattern）
   3）点击OK
3. 在绘制曲线窗口中：
   1）求解（Solution）：Setup1: LastAdaptive
   2）求解区域（Geometry）：ff_2d
   3）在扫描标签中，在名字（name）列中选择Phi，在下拉菜单中选择Theta。这将使得扫描变量变为Theta
   4）在Mag标签中
      a）类别（Category）：Gain
      b）变量（Quantity）：GainL3Y
      c）单位（Function）：dB
      d）点击添加曲线（Add Trace）按钮
   5）点击完成（Done）按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 学术交流氛围

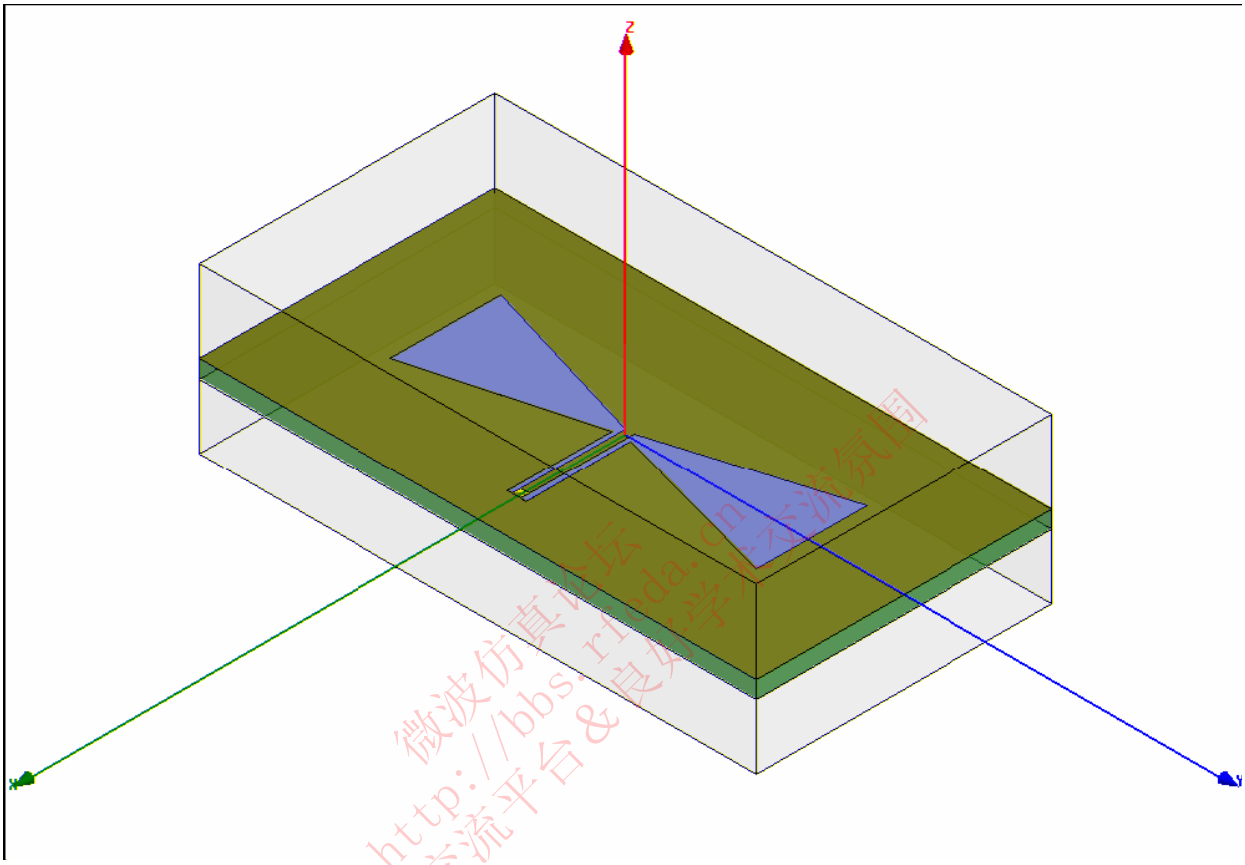


F 5.5.18

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第六节 共面波导(CPW)馈电蝶形天线

- **这个例子教你如何在HFSS设计环境下创建、仿真、分析一个共面波导（CPW）馈电蝶形天线。**
- 采用集总端口（Lumped Port）激励源为共面波导（CPW）馈电



F.5.6. 1

参考资料

Guiping Zheng, A. Z. Elsherbeni, and C. E. Smith, “A coplanar waveguide bowtie aperture antenna,” Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002. IEEE, Volume 1, 16-21 June 2002, Page 564-567.

设计回顾

一）CPW 槽以及天线形状将会在一个金属平面上。试想一下端口是怎样的？

二）将在 8—12GHz 的频段上对该天线进行分析。试想空气体积应该设为多大？

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

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

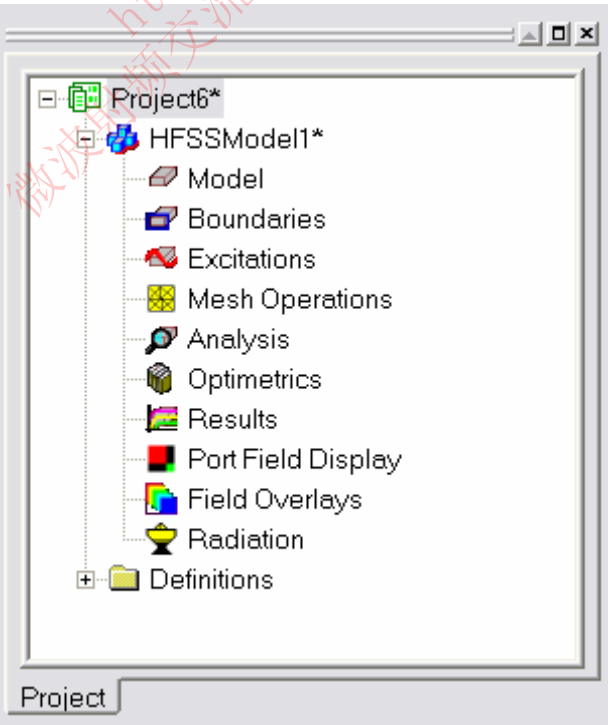
编辑新建原始结构的属性（Edit property of new primitives）：勾上。

3）点击 **OK** 按钮

三）打开一个新工程

1. 在Ansoft 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）*。



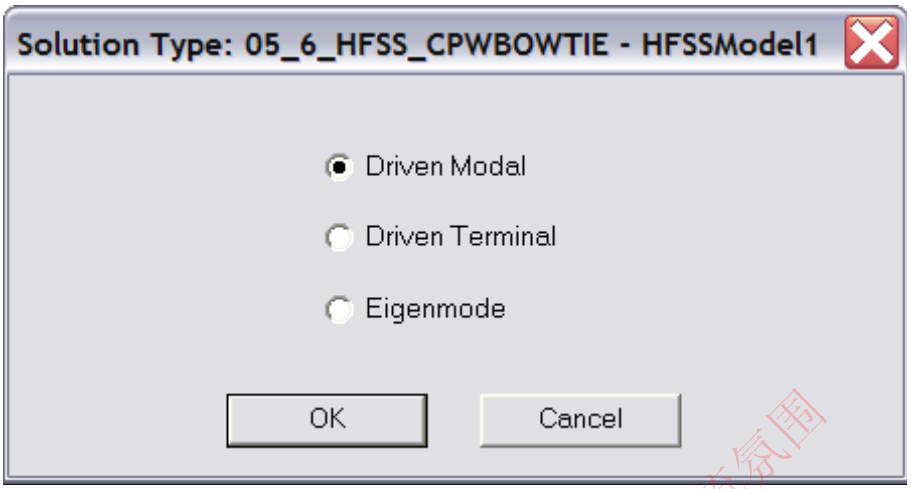
F.5.6.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流正论 & 良好学术交流氛围

四）设置求解类型

设置求解类型：

1. 选择菜单栏选项*HFSS>求解类型（**Solution Type**）*
2. 求解类型（**Solution Type**）窗口 ：
   1） 选择模式驱动（**Driven Modal**）
   2） 点击**OK**按键



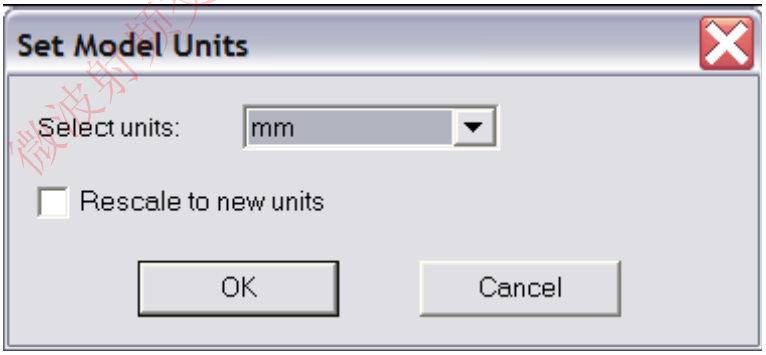
F.5.6.3

二. 创建 3D 模型

一）设置模型单位

设置单位：

*1. 选择菜单栏选项 3D 模型（**3D Modeler**）>单位（**Units**）*
2. 设置模型单位：
   1） 选择单位：**mm**
   2） 点击 **OK** 按键

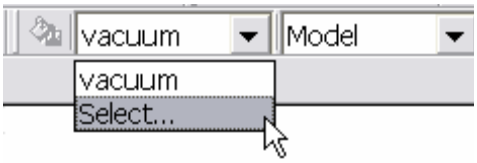


F.5.6.4

二）设置默认材料

设置默认材料：

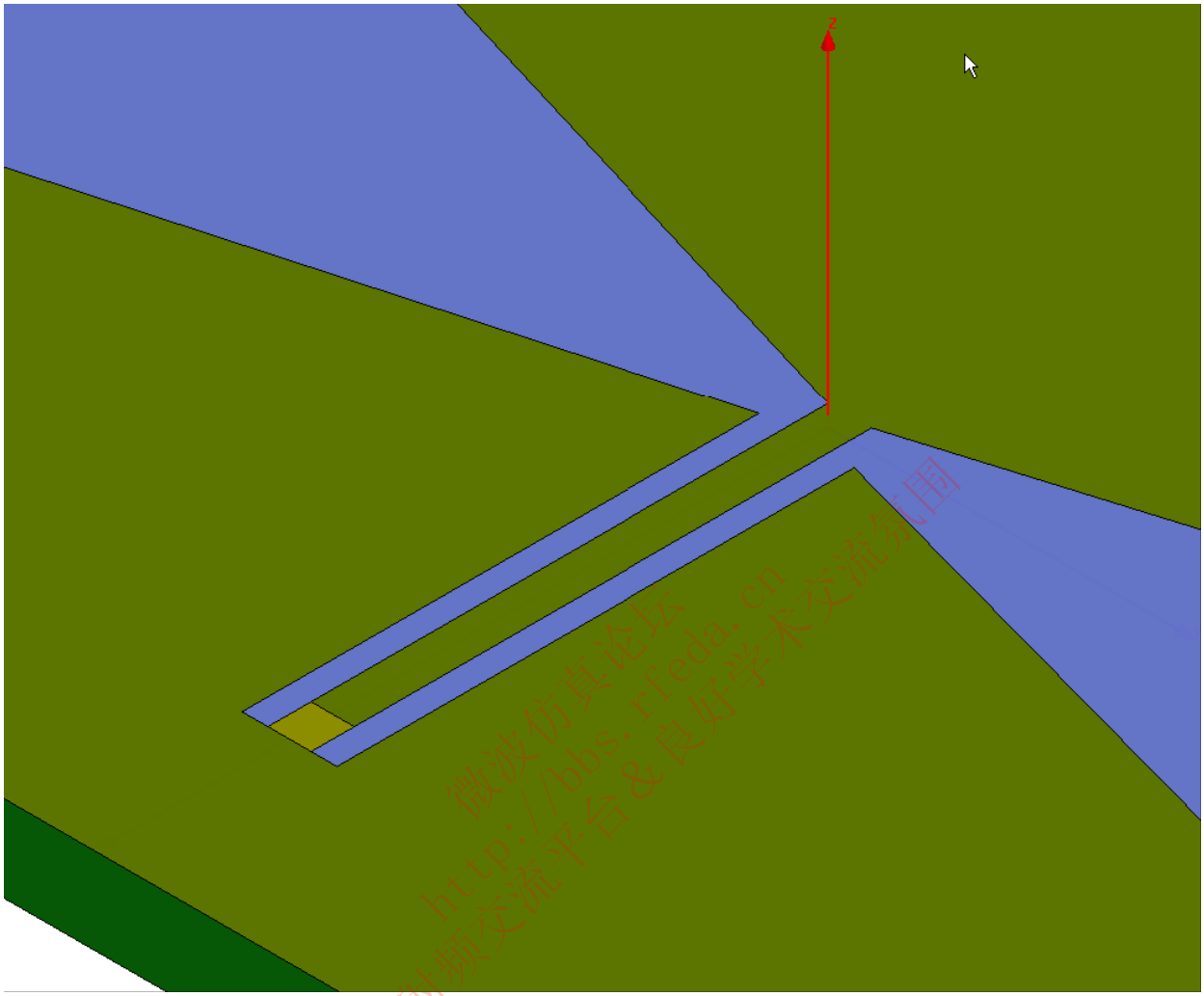
1. 使用3D模型材料工具栏，选择**Select**



F.5.6.5

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

2. 选择定义（***Select Definition***）窗口
   1）在按名字查找（**Search by name**）区域输入“**Arlon C**”并在下面的表格中选择**Arlon CuClad 217(tm)**
   2）点击**OK**按键



F.5.6.7

三）创建基层

创建基层：

1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>长方体（***Box***）
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置
   X: **-17.0**, Y: **-32**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入长方体起始点的体对角点的相对位置
   dX: **34.0**, dY: **64.0**, dZ: **-2.0**，点击确定（**Enter**）键

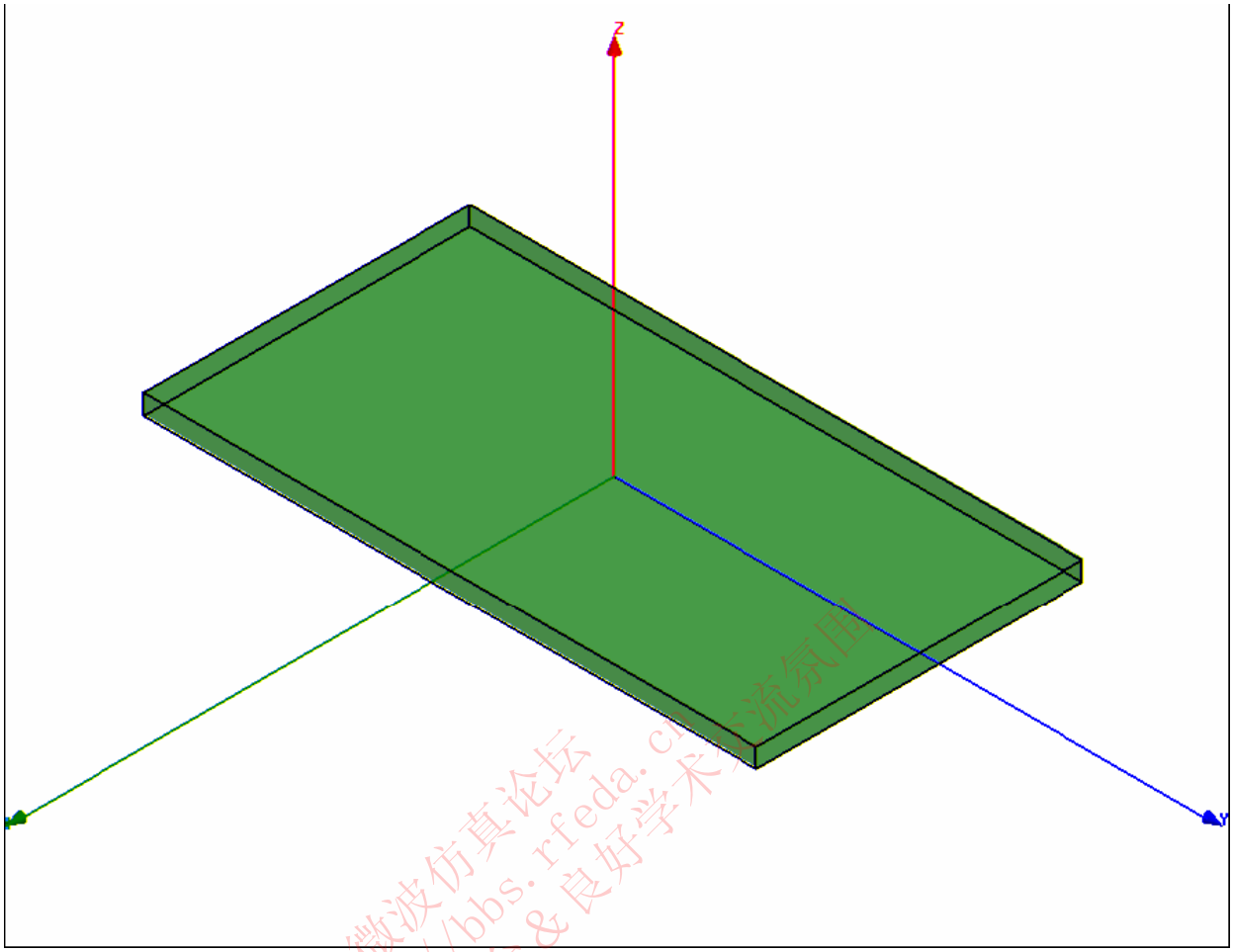
确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Sub1**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*或者按 **CTRL+D**

键



F.5.6.8

四）创建覆铜层

创建地：

1. 选择菜单栏选项*画图（**Draw**）>长方形（**Rectangle**）*
2. 使用绘图平面下拉菜单（Drawing Plane dropdown）将当前平面设为 **XY** 面
3. 使用 graphical snapping 画一个覆盖 **Sub1** 上表面的长方形
   1） 获得第一个角的坐标：X: **-17.0**, Y: **-32.0**, Z: **0.0**
   2） 获得第二个角的坐标：dX: **34.0**, dY: **64.0**, dZ: **0.0**

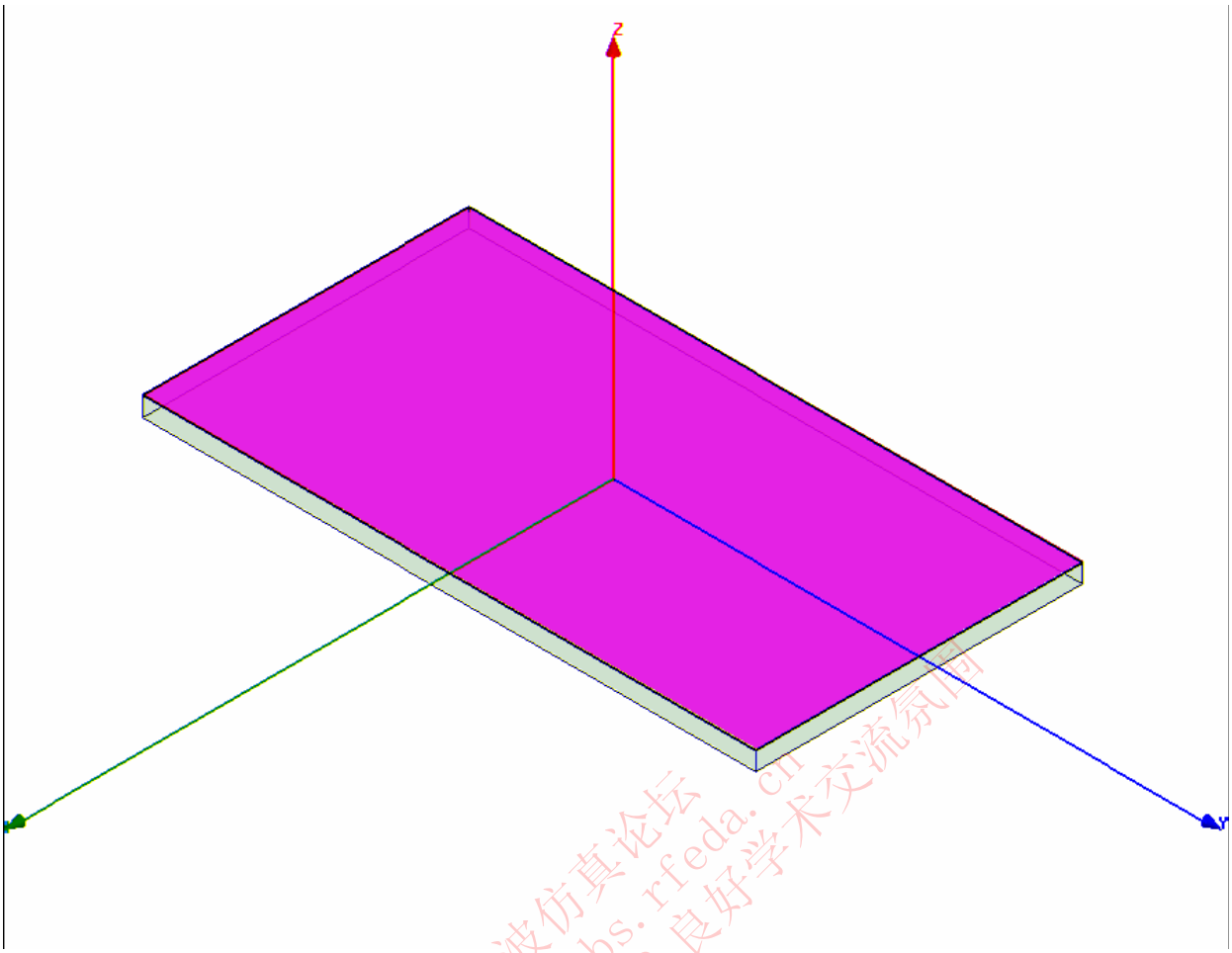
确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**CuClad**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.5.6.9

五）为覆铜层设置一个有限传导率边界

选择长方形（***Rectangle***）：

1. 在 3D 模型设计树中，右键单击模型（**Model**）并选择全部扩展（**Expand All**）
2. 在列表 **Not Assigned** 中找到输入的名字 **CuClad** 并单击以选择它

设置一个有限传导率边界：

1. 右键单击 3D 模型视角，并选择定义边界（***Assign Boundary***）>有限传导率（***Finite Conductivity***）
2. 有限传导率边界窗口
   1）名字（name）：**Cu_bound**
   2）在渗透性（Relative Permeability）下面，钩上使用材料（**Use Material**）
   3）点击显示 **Arlon CuClad 217(tm)**的按钮，打开材料列表
   4）在名字（Name）栏中键入“**co**”并在下面的列表中选择 **copper** 并点击 **OK**
   5）不要钩选：**有限接地面**（**Infinite Ground Plane**）
   6）点击 **OK** 按键

六）创建馈电结构

画出馈电缝隙：

1. 选择菜单栏选项*画图*（***Draw***）>*长方形*（***Rectangle***）
2. 在坐标输入区域，键入第一个角坐标

   X: **-0.5**, Y: **0.5**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键

3. 在坐标输入区域，键入对角的坐标
   dX:**13.0**,dY:**0.6**,dZ:**0.0**,，点击确定（**Enter**）键

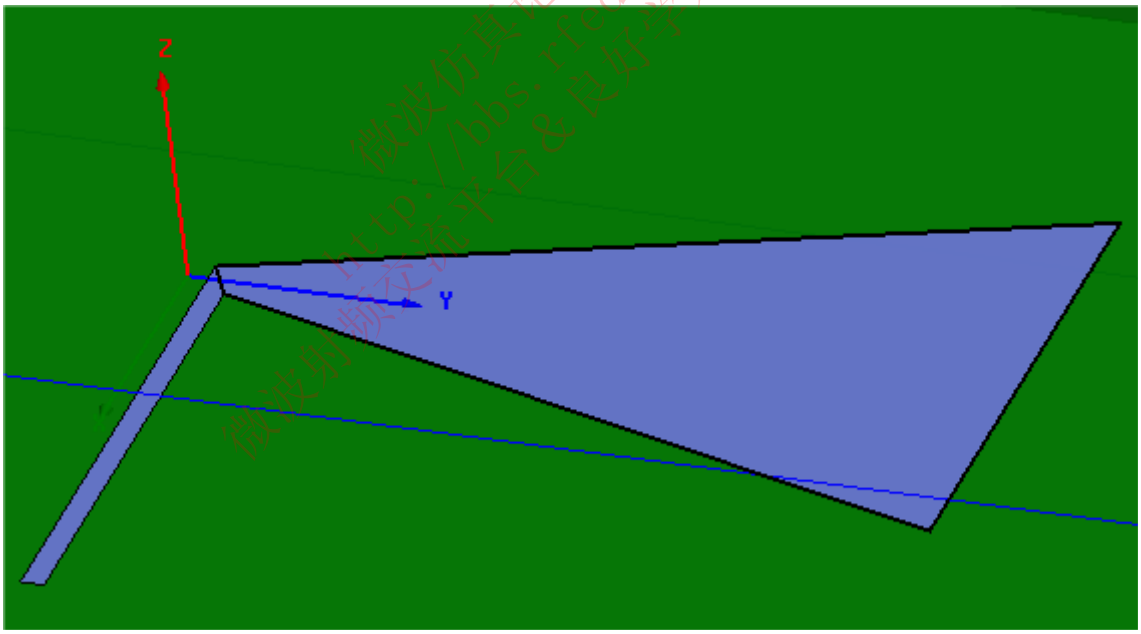
更改名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Rect1**
3. 点击 **OK** 键

七）创建领结的一个臂

画一个领结形的多边形：

1. 选择菜单栏选项*画图（**Draw**）>线（**Lines**）*
2. 捕获第一个顶点坐标
   位置 X:**-0.5**,Y:**0.5**,Z:**0.0**
3. 在坐标输入区，键入第二个顶点
   X:**-6.7**,Y:**21.0**,Z:**0.0**，点击 **Enter** 键
4. 在坐标输入区，键入第三个顶点
   X:**6.0**Y:**21.0**,Z:**0.0**，点击 **Enter** 键
5. 在坐标输入区，键入第四个顶点
   X:**0.5**,Y:**1.1**,Z:**0.0**，点击 **Enter** 键
6. 在第一个顶点上双击鼠标以完成并封闭这个折线



F.5.6.10

更改名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Bowtie**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*

八）合并馈电和领结

选择目标 **Bowtie** 和 **Rect1**：

1. 在 3D 模型设计树中，右键单击模型（**Model**）并选择全部扩展（**Expand All**）
2. 在 **Unassigned** 列表下同时选择 **Bowtie** 和 **Rect1**（使用 **CTRL** 键来选择多个目标）

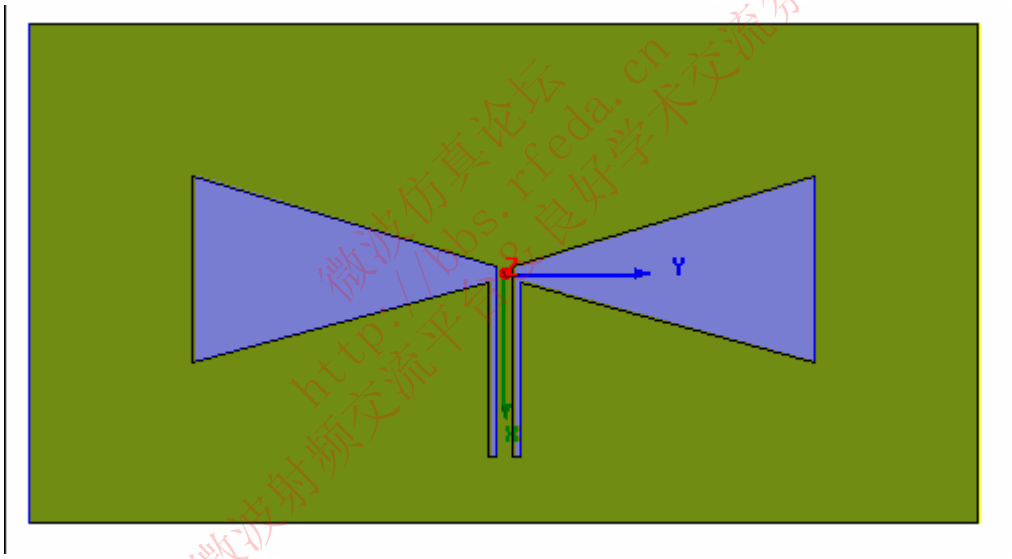
完成领结的一个臂：

2. 选择菜单栏选项 3D 模型（***3D Modeler***）>布尔运算（***Boolean***）>合并（***Unite***）（合并后的物体名字会变成选择时的第一个物体的名字，**Bowtie**）

九）对领结做镜像

创建领结的另一边：

1. 在 3D 模型设计树上选取目标 **Bowtie**
2. 选择菜单栏选项*编辑（**Edit**）>复制（**Duplicate**）>镜像（**Mirror**）*
3. 在坐标输入框中输入镜像体的起始点：
   位置：X: **0**, Y: **0**, Z: **0**
4. 在坐标输入框中输入镜像体的结束点：
   位置：dX ：**0**，dY：**1.0**，dZ：**0.0**



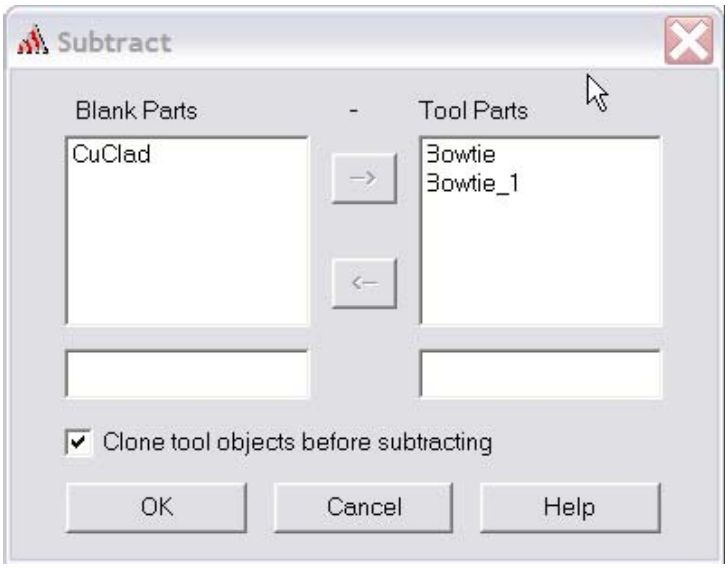
F.5.6.11

十）在覆铜板上开领结形槽

在覆层上减去领结

1. 在 3D 模型设计树中选择物体 **Bowtie**，**Bowtie_1** 以及 **CuClad**
2. 选择菜单栏选项 *3D 模型（**3D Modeler**）>布尔运算（**Boolean**）>减（**Subtract**）*
3. 减法运算窗口
   1）被减部分（Blank Parts）: **CuClad**
   2）减去部分（Tool Parts）: **Bowtie**, **Bowtie_1**
   2）**钩选：**在减之前，复制被减形状物体(Clone tool objects before subtracting)
   3）点击**OK**按键

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台，良好学术交流氛围

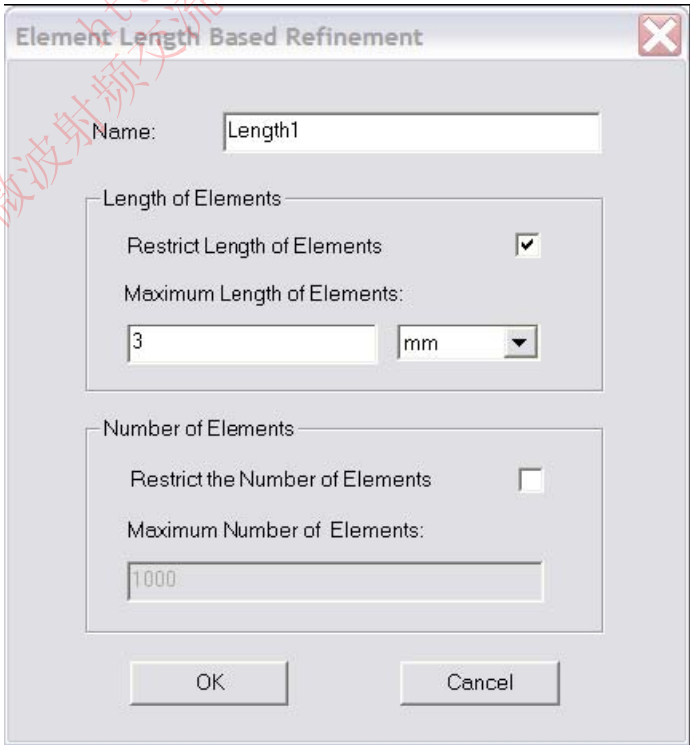


F.5.6.12

十一）在领结结构上设置网格划分

进行网格操作：

1. 在 3D 模型设计树中选择 **Bowtie** 和 **Bowtie_1**
2. 选择菜单项 ***HFSS***>*网格划分操作（**Mesh Operation**）*>*分配（**Assign**）*>*被选中的（**On Selection**）*>*基于长度（**Length Based**）*
3. 网格单元长度详细设置（Element Length Based Refinement）窗口：
   1) 名字（Name）: **Length1**
   2) **钩选：**限制单元长度（Restrict Length of Elements）
   3) 最大单元长度（Maximum Length of Elements）: **3 mm**
   4) **不要钩选：**限制单元数目（Restrict the Number of Elements）
   5) 点击**OK**按键



F.5.6.13

十二）创建集总参数端口

画出端口长方形：

1．选择菜单画图（***Draw***）>*长方形*（***Rectangle***）

2．在坐标输入区域，键入第一个角坐标

X: **12.5**, Y: **-0.5**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键

3．在坐标输入区域，键入对角的坐标

dX:**-1.0**,dY:**1.0**,dZ:**0.0**,，点击确定（**Enter**）键

设置名字：

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

2．将名字（**Name**）的值改为：**P1**

3．点击 **OK** 键

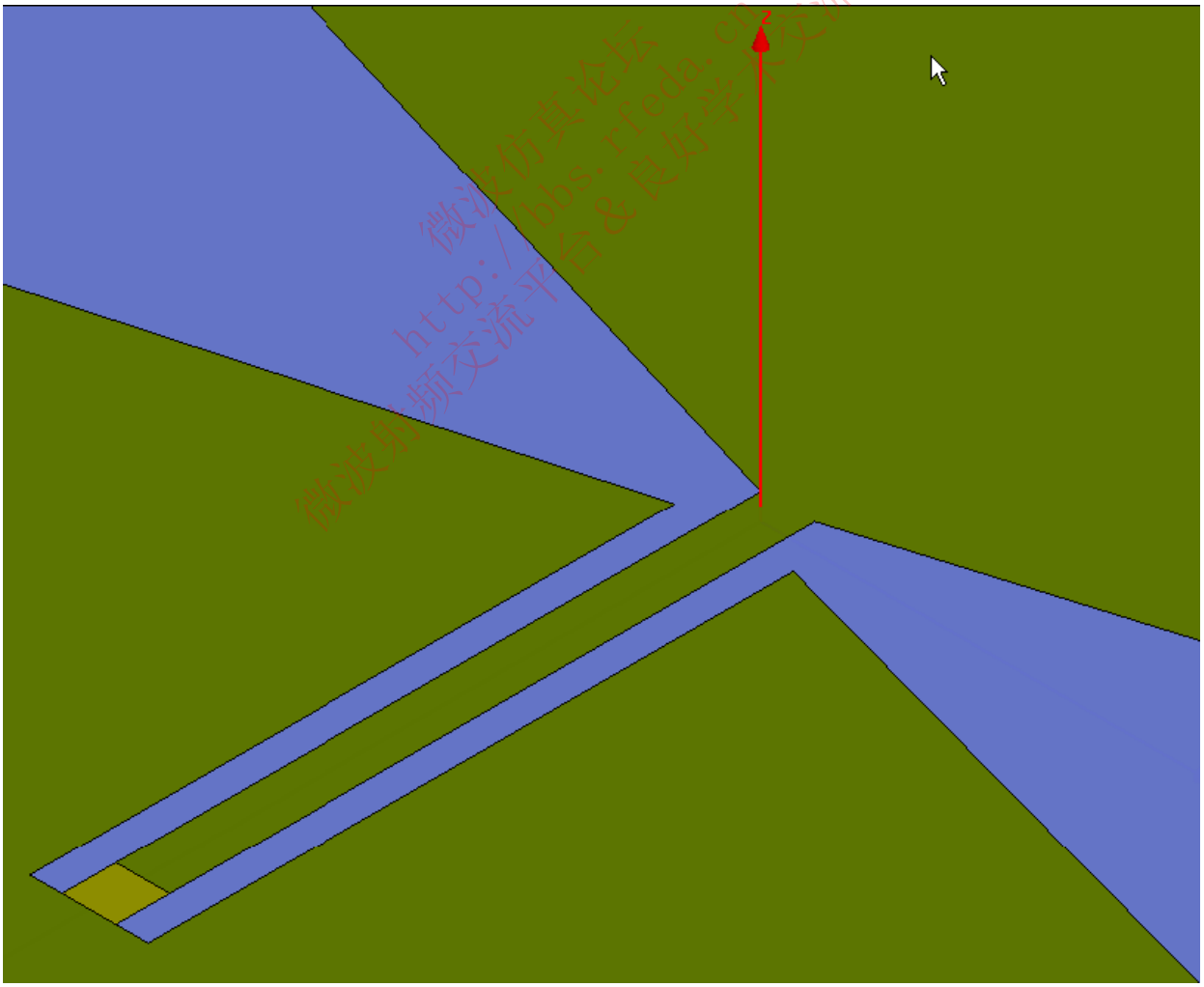
选择对象 **Port1**：

1．选择菜单*编辑*（***Edit***）>*选择*（***Select***）*按名字*（***By Name***）

2．对象选择（Select Object）对话框：

1）选择对象名字为：**P1**

2）点击 **OK** 按键

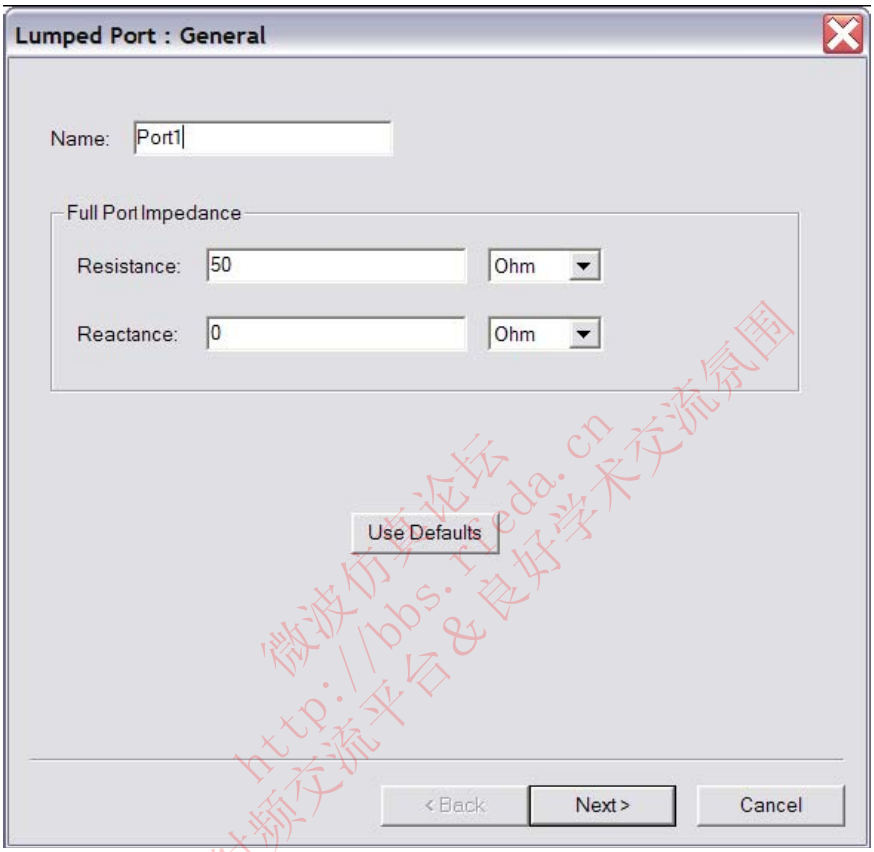


F.5.6.14

十三）创建集总参数端口，续

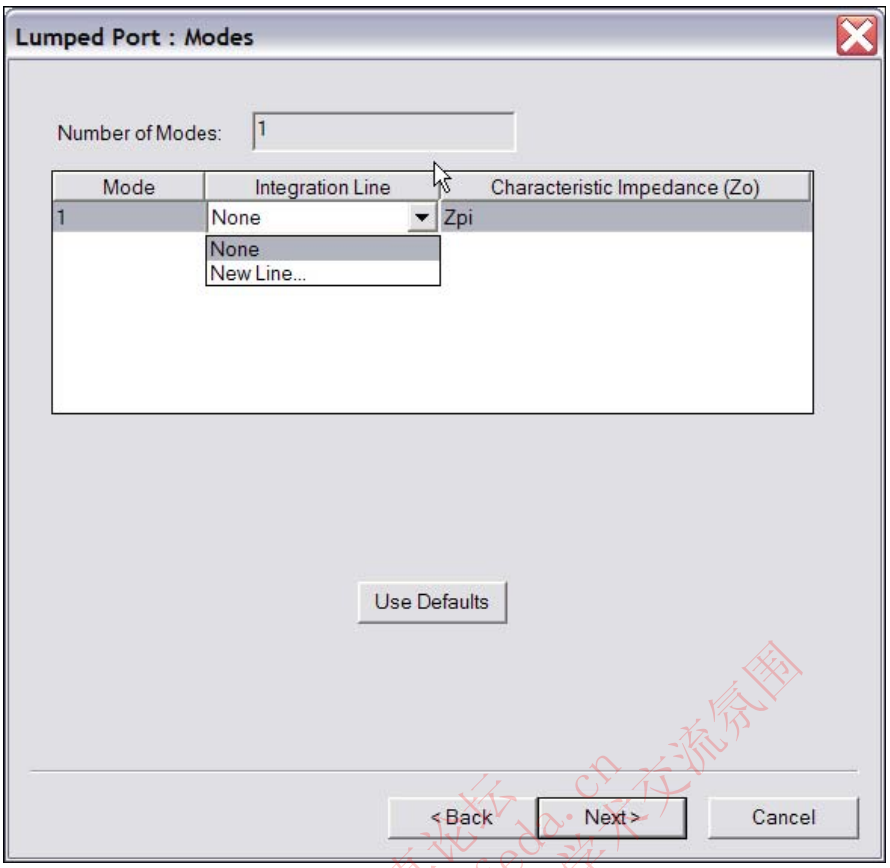
设置集总参数端口的激励

1. 选择菜单 ***HFSS***>*激励（**Excitations**）*>*分配（**Assign**）*>*集总端口（**Lumped Port**）*
2. 集总端口(Lumped Port)：常规参数（General)
   1）名字（Name）：**Port1**
   2）阻抗（Resistance）：**50 ohm**
   3）电抗（Reactance）：**0 ohm**
   4）点击下一步（**Next**）按键

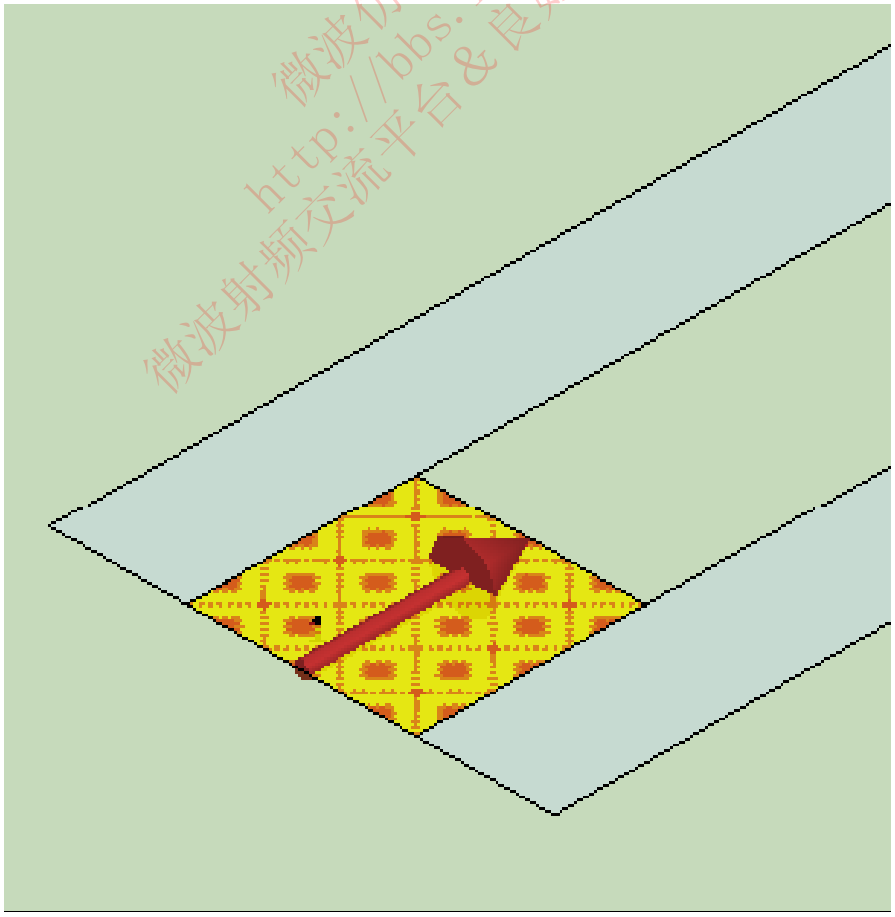


F.5.6.15

3. 集总端口（Lumped Port）：模式（ Modes）
   1） 模数（Number of Modes）：**1**
   2） Mode 1 序列中，在积分线（**Integration Line**）一栏中点击 **None** 并选择新线（**New Line**）
   3） 在坐标输入区，键入矢量起点位置
   X:**12.5**,Y:**0.0**,Z:**0.0**，点击回车（**Enter**）键
   4） 在坐标输入区，键入最高点位置
   X:**-1.0**Y:**0.0**,Z:**0.0**，点击回车（**Enter**）键
4. 点击完成（**Finish**）按键


Lumped Port : Modes
Number of Modes:
1
Mode
Integration Line
Characteristic Impedance (Zo)
1
None
Zpi
None
New Line...
Use Defaults
< Back
Next >
Cancel

F.5.6.16



F.5.6.17

十四）设置默认材料

设置默认材料：

1. 在 3D 模型材料工具栏（3D Modeler Materials toolbar）上，选择真空（**vacuum**）

F.5.6.18

十五）创建空气盒（**Air Volume**）

数值分析将在 8 到 12GHz 的频段上进行，因此空气容积层与辐射缝隙之间的最小距离在 8GHz 时应该是四分之一波长，或者 0.25*(3e11/8e9)=9.375mm.。以下尺寸设置时，间距设为 9.5mm。

创建空气容积层

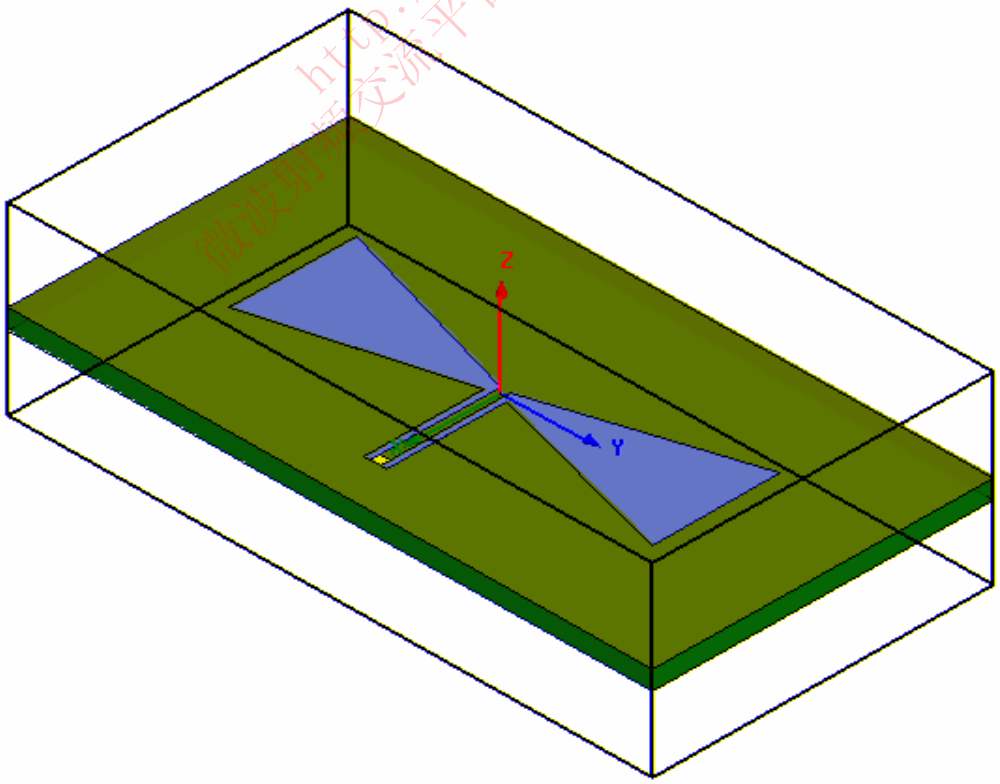
1. 选择菜单项*画图（**Draw**）>长方体（**Box**）*
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置
   X: **-17.0**, Y: **-32**, Z: **-9.5**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入长方体起始点的体对角点的相对值
   dX: **34.0**, dY: **64.0**, dZ: **19.0**，点击确定（**Enter**）键

确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Airbox**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单项*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*



F.5.6.19

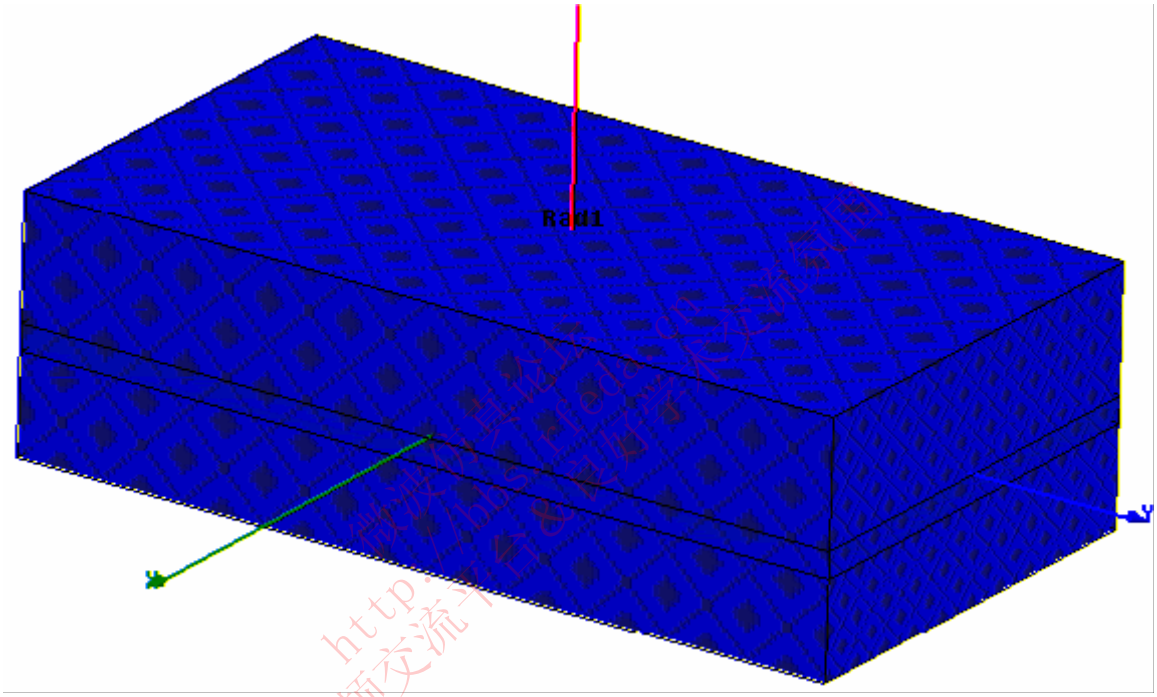
十六）设置辐射边界

选择空气盒子

1. 选择菜单项*编辑（**Edit**）>选择（**Select**）按名字（**By Name**）*
2. 对象选择（Select Object）对话框：
   1） 选择对象名字为：**AirBox**
   2） 点击 **OK** 按键

设置边界

1. 在图形浏览界面（graphical view）中单击右键并选择**设置边界（*Assign*）>辐射（*Radiation*）**
2. 将名字（**Name**）改为：**Rad1**
3. 点击 **OK** 按键

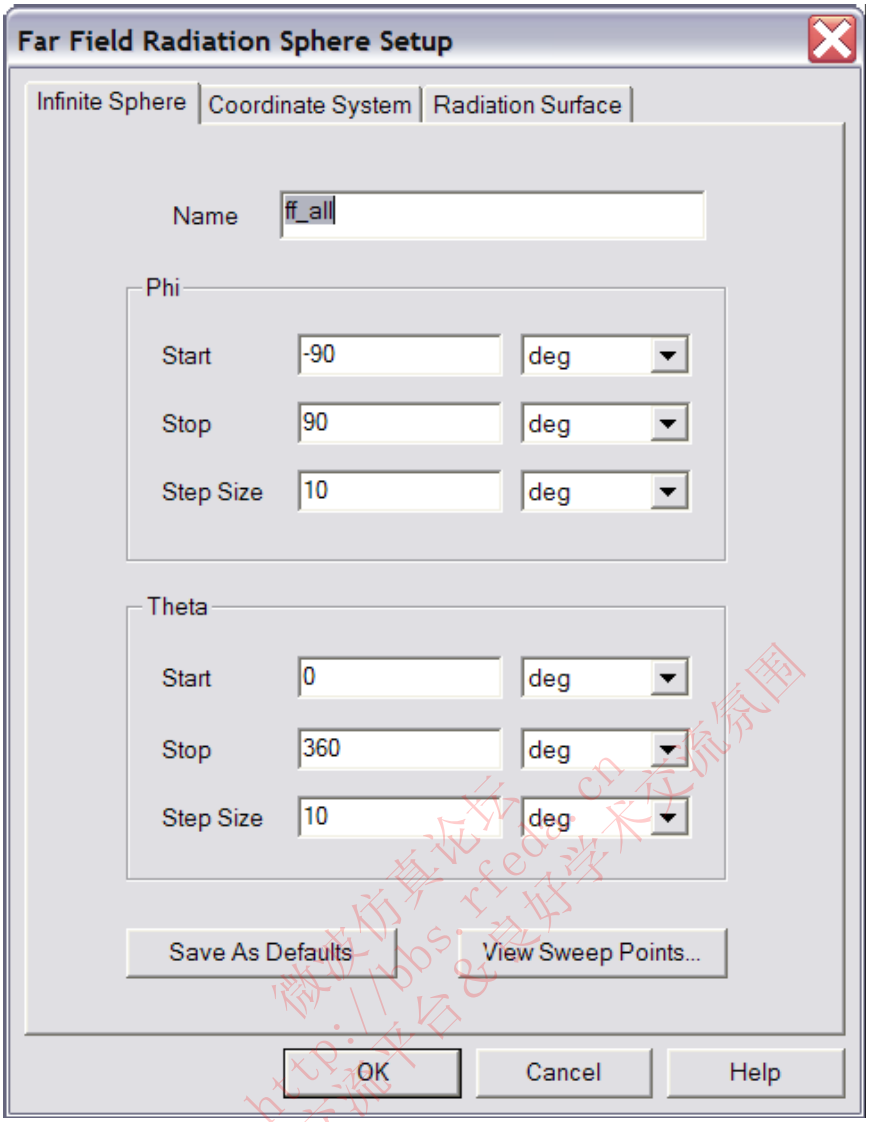


F.5.6.20

十七）创建一个辐射设置

定义一个辐射设置

1. 选择菜单项*HFSS>辐射（**Radiation**）>插入远区场设置（**Insert Far Field Setup**）>无线大空间（**Infinite Sphere**）*
2. 远区场辐射空间设置（Far Field Radiation Sphere Setup）对话框
   1） 选择无限大空间（**Infinite Sphere**）标签
      a. 名字（Name）: **ff_all**
      b. 角度 φ（Phi）：开始：−90°，结束：90°，步长：10°（Start: **-90**, Stop: **90**, Step Size: **10**)
      c. 角度 θ（Theta）：开始：0°，结束：360°，步长：10° （Start: **0**, Stop: **360**, Step Size: **10**)
   2） 点击 **OK** 按键



F.5.6.21

三. 分析设置

一）创建一个解析设置

1. 选择菜单项 ***HFSS>解析设置（Analysis Setup）>增加解析设置（Add Solution Setup）***
2. 解设置（Solution Setup）窗口：
   1） 点击常规（**General**）标签：
      a. 解析频率（Solution Frequency）: **10GHz**
      b. 最大迭代步数（Maximum Number of Passes）: **6**
      c. 最大迭代误差（Maximum Delta S）: **0.01**
   2） 点击 **OK** 按键

二）添加一个频扫

1. 选择菜单项 ***HFSS>分析（Analysis）>增加频扫（Add Sweep）***

3） 选择解设置（Solution Setup）：**Setup1**

4） 点击 **OK** 按键

2. 编辑扫频（Edit Sweep）窗口：

5） 扫频类型（Sweep Type）: **Fast**

6） 频率设置类型（Frequency Setup Type）: **Linear Step**

微波射频交流平台&爱好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

a. 开始频点（Start）: **8.0GHz**
b. 结束频点（Stop）: **12.0GHz**
c. 步长（Step）: **0.02**
d. **钩选：**保存扫描场（Save Fields）

7） 点击 **OK** 按键

四. 保存工程

一) 保存工程：

3. 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单项***文件（File）>另存为（Save as）***
4. 在另存为（**Save As**）窗口中，键入文件名：**hfss_cpwbowtie**
5. 点击保存（**Save**）按键

五. 分析

一）模型确定

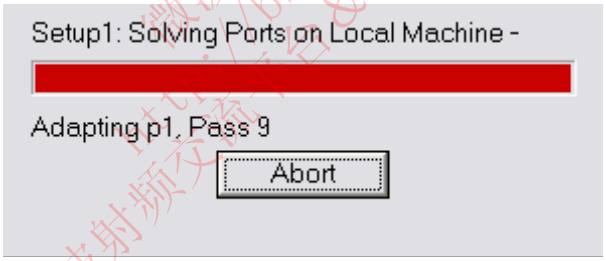
使模型生效：

6. 选择菜单项 ***HFSS>有效性检查（Validation Check）***
7. 点击关闭（**Close**）按键

二）解析

开始仿真：

1. 选择菜单项 ***HFSS>全部解析（Analysis All）***



F.5.6.22

三）解析数据

看分析结果：

1. 选择菜单项 ***HFSS>结果（Results）解数据（Solution Data）***

看概要：

1. 点击概要（**Profile**）标签

看收敛情况：

1. 点击收敛（**Convergence**）标签

   说明：收敛结果默认的观看方式是 **Table**。选择 **Plot** 可以看到收敛数据的图形表示。

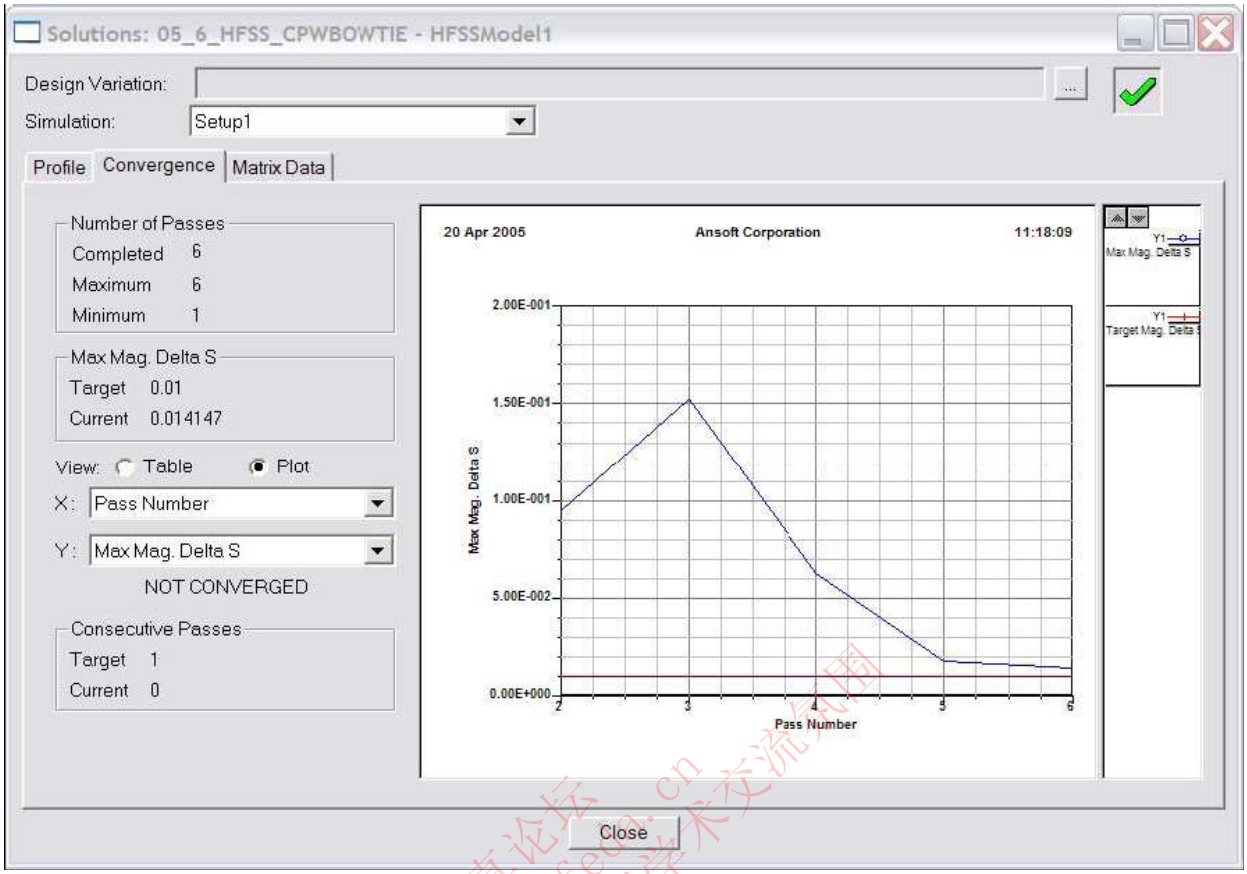
看矩阵数据：

1. 点击矩阵数据（**Matrix Data**）标签

   说明：要观察矩阵数据的实时更新，在求解时将 Simulation 设为 **Setup1**, **Last Adaptive**

2. 模拟结束或者结束观看点击关闭（**Close**）按键

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F.5.6.23

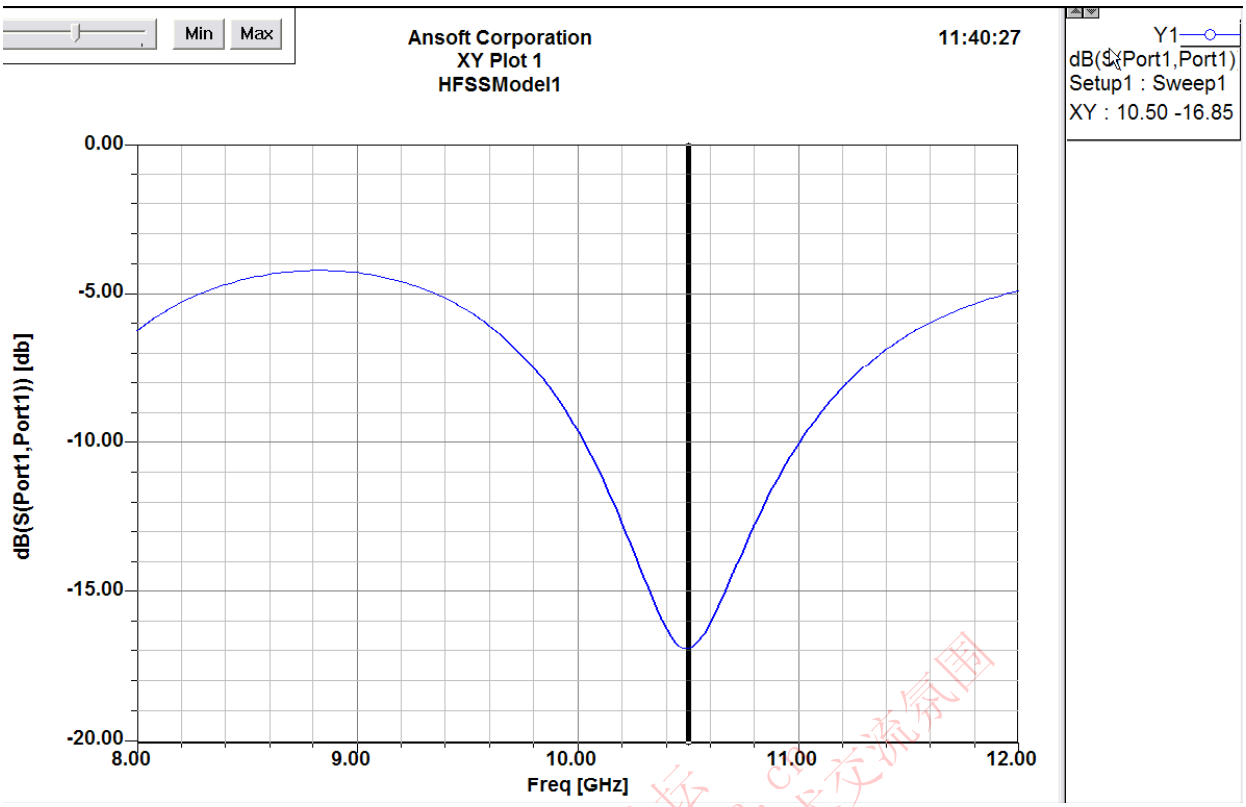
六. 创建报告

一）创建标准 S 参数图——数值

创建一个报告：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）创建报告（***Create Report***）
2. 创建报告（**Create Report**）窗口
   1) 报告类型（Report Type）: **Modal S Parameters**
   2) 显示类型（Display Type）: **Rectangular**
   3) 点击 **OK** 按钮
3. 绘线（Traces）窗口
   1) 解析点（Solution）: Setup1: **Sweep1**
   2) 解析域（Domain）: **Sweep**
   3) 点击**Y** 标签
      a) 参数类别（Category）: **S Parameter**
      b) 参量（Quantity）: **S(Port1,Port1)，**
      c) 参量函数（Function）: **dB**
      d) 点击**添加绘图（Add Trace）** 按钮
   4）点击**完成（Done）**按钮
4. 选择目录二维报告（***Report 2D***）>标注所有曲线(***Mark All Traces***)
   1) 点击最低点（**Min**）按钮可看到显示的最佳匹配点
5. 右键单击图形并选择退出标记模式（**Exit Marker Mode**）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.5.6.24

二）创建标准 S 参数图——阻抗图

4. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>创建报告（***Create Report***）

2. 创建报告（**Create Report**）窗口：

1）报告类型（Report Type）: **Modal S Parameters**

2）显示类型（Display Type）: **Rectangular**

3）点击 **OK** 按钮

3. 绘线（**Traces**）窗口:

1) 解析点（Solution）: **Setup1：Sweep1**

2) 解析域（Domain）: **Sweep**

3) 点击 Y 标签

a) 参数类别（Category）: **Z Parameter**

b) 参量（Quantity）: **Z(Port1,Port1),**

c) 参量函数（Function）: **re**

d) 点击**添加绘图（Add Trace）**按钮

e) 参量函数（Function）: **im**

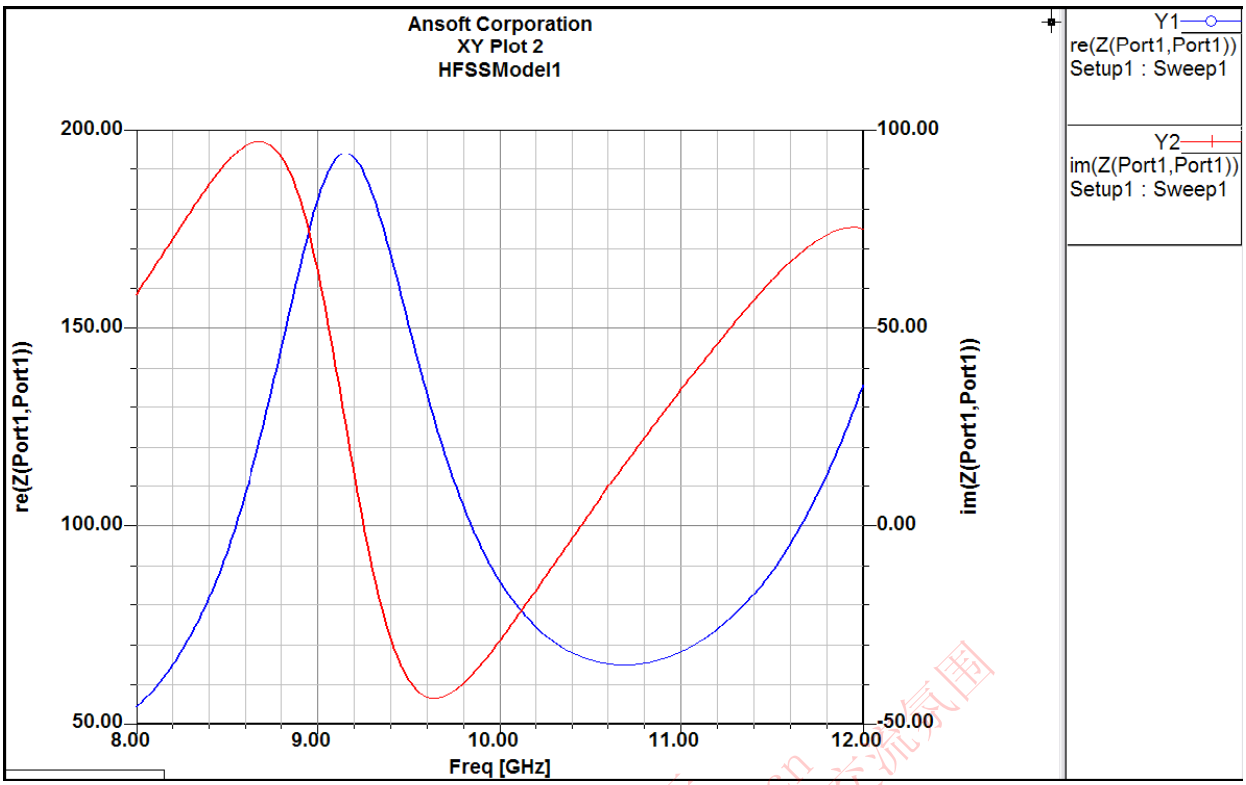
f) 点击**添加绘图（Add Trace）**按钮

g) 在指定曲线的下拉式列表中，点击 **im(Z(Port1,Port1))**旁的 **Y1** 并换成 **Y2**

4）点击完成（**Done**）按钮

5）**注意**：由于使用了集总端口激励，？？

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

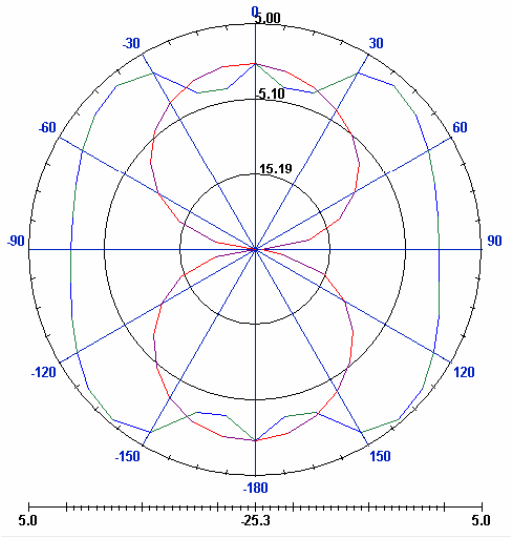


F.5.6.25

三）创建远场覆盖图

创建一个二维远场波瓣图：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>创建报告（***Create Report***）
2. 创建报告（**Create Report**）窗口：
   1）报告类型（Report Type）：**Far Fields**
   2）显示类型（Display Type）：**Radiation Pattern**
   3）点击 **OK** 按钮
3. 绘线（**Traces**）窗口:
   1) 解析点（Solution）: **Setup1**：**Sweep1**
   2) 几何体（Geometry）: **ff_all**
   3) 点击扫频（**Sweeps**）标签：
      a) 在名字（**Name**）专栏中选择 **Phi**, 在下拉列表中点击 **Theta**。该操作可将主扫描变成 **Theta.**
      b) 第二行现在变成了 **Phi**，点击这一行。取消钩选 **All Values**。只在列表中选择**-90°**（**-90deg**）以及 **0°**（**0deg**）**.**
      c) 选择标签为频率（**Freq**）的一行并将频率选为 **10.44GHz.**
   4) 在参数参量（**Mag**）标签中：
      a) 参数类别（Category）: **Directivity**
      b) 参量（Quantity）: **DirTotal**
      c) 参量函数（Function）: **dB**
      d) 点击添加绘图（**Add Trace**）按钮
   5）点击完成（**Done**）按钮



F.5.6.26

四）创建一个三维远场波瓣图

2． 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>创建报告（***Create Report***）

2．创建报告（**Create Report**）窗口：

1）报告类型（Report Type）: **Far Fields**

2）显示类型（Display Type）: **3D Polar Plot**

3）点击 **OK** 按钮

3．绘线（**Traces**）窗口:

1) 解析点（Solution）: **Setup1：Sweep1**

2) 几何体（Geometry） **ff_all**

3) 点击扫频（**Sweeps**）标签，选择标签为 **Freq** 的一行并将频率选为 **10.44GHz.**

4) 在参数参量（**Mag**）标签中：

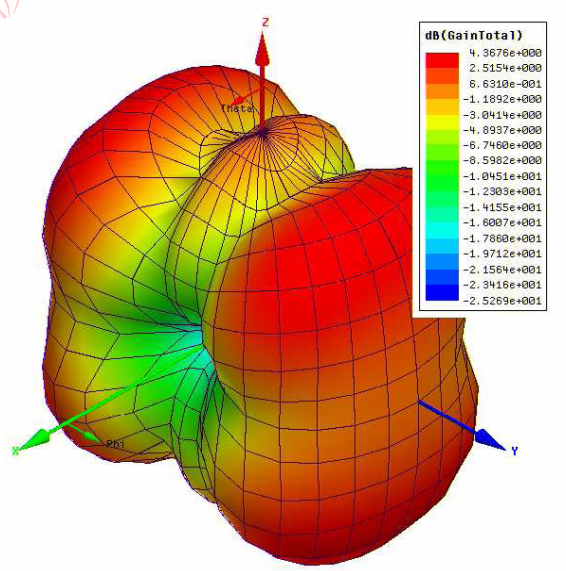
a) 参数类别（Category）: **Gain**

b) 参量（Quantity）: **GainTotal**

c) 参量函数（Function）: **dB**

d) 点击添加绘图（**Add Trace**）按钮

5）点击完成（**Done**）按钮



F.5.6.27

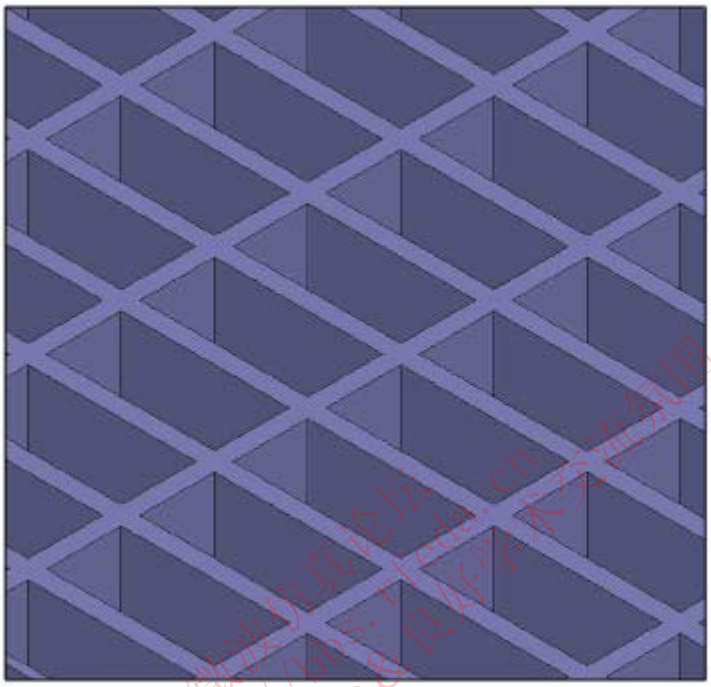
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

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

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

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

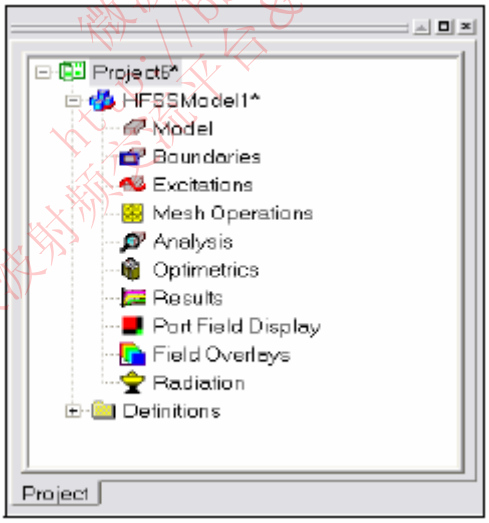
编辑新建原始结构的属性（Edit property of new primitives）：勾上。

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

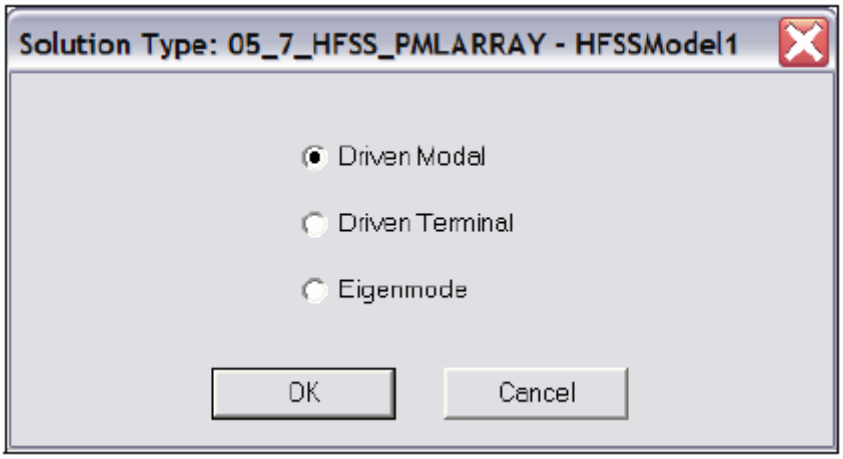
四） 设置求解类型

1. 选择菜单 ***HFSS ） Solution Type*** 。

2. ***Sloution Type 窗口***:

1). 选择模式驱动（ Driven Modal ）。

2). 点击确定

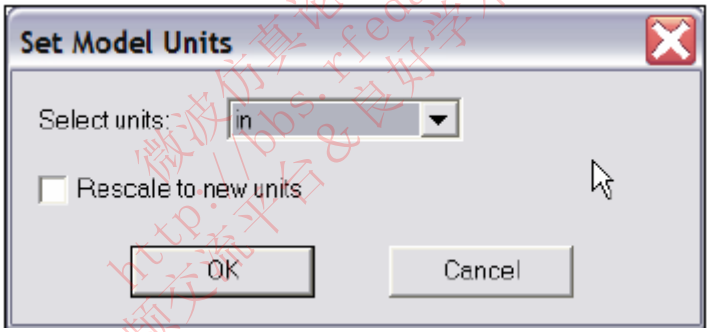


F 5.7.3

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

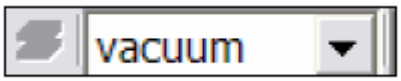


F 5.7.4

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

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

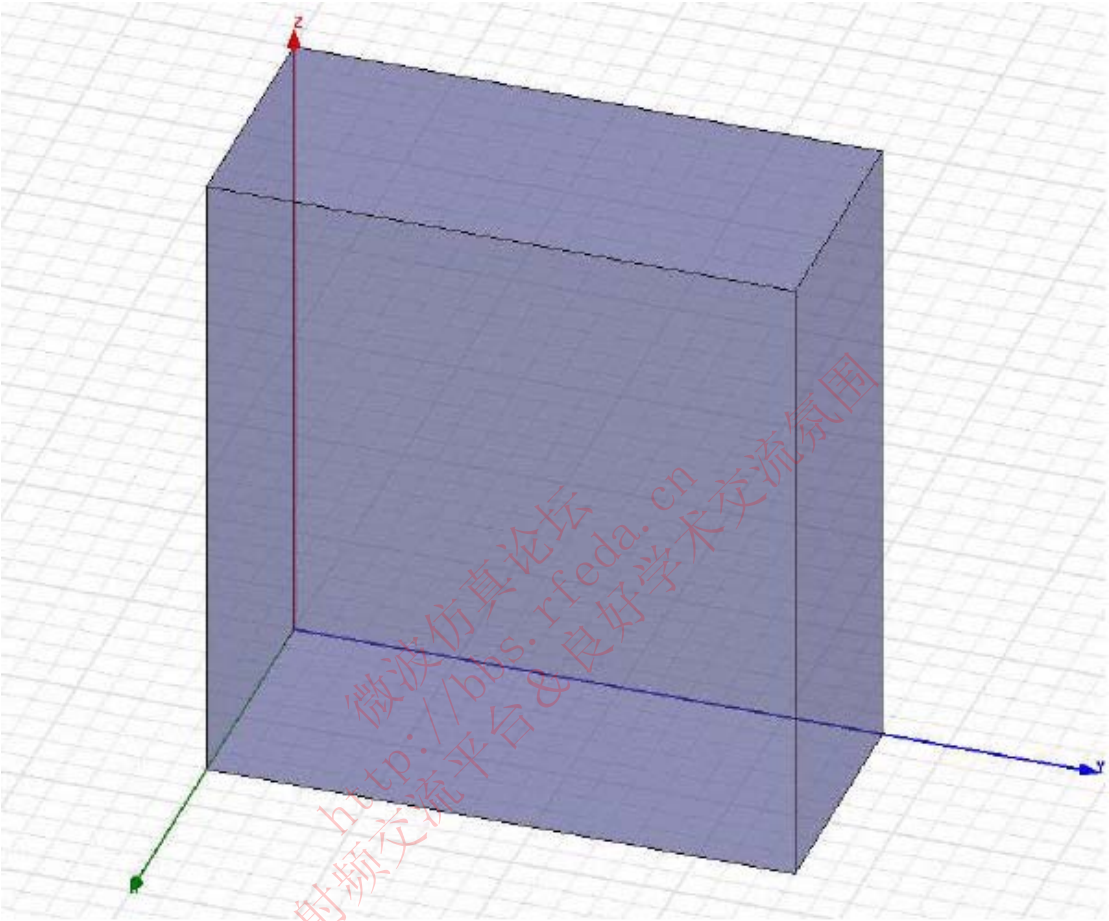
三) 创建波导

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

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

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

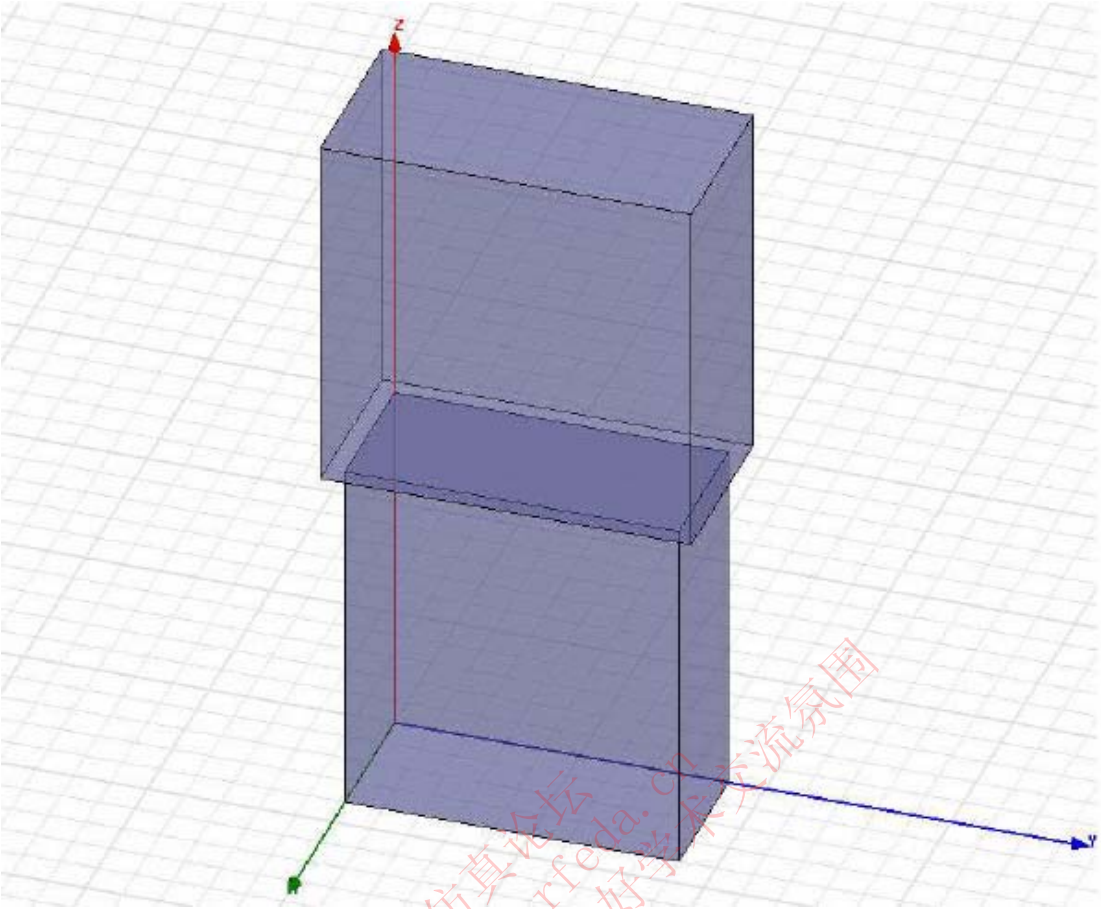
1.在道具（**Porperties**）窗口中选择属性（**Attribute**）菜单

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**

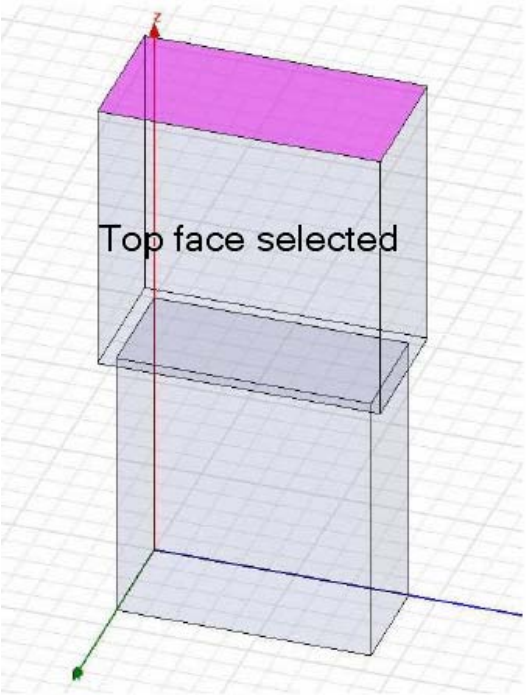
   3.1.2 最小辐射距离（Minimum Radiating Distance）：**1in**

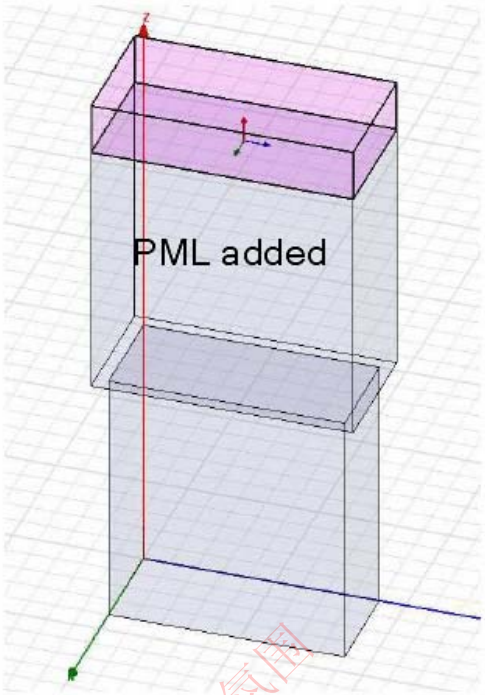
   3.1.3. 点击 **Next** 按钮

   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

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围





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 Visiblility***
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 3***D 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（**Porperties**）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***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

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（**Porperties**）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

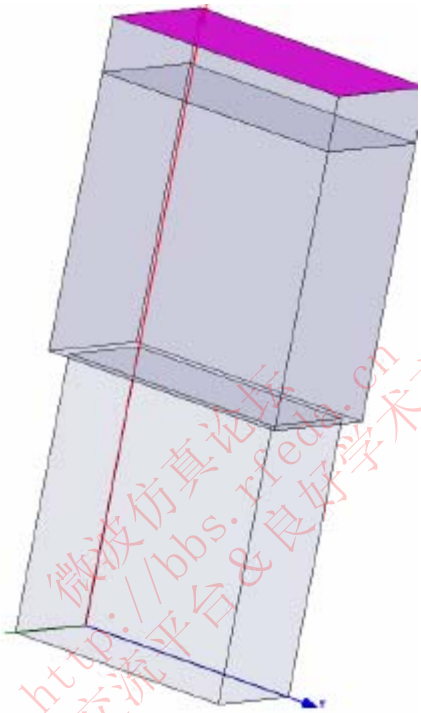
dX: **-0.5** dY: **0** dZ: **0**, 点击 **Enter**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

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*cos（theta-scan）**
6. 电抗（Reactance）：**0**



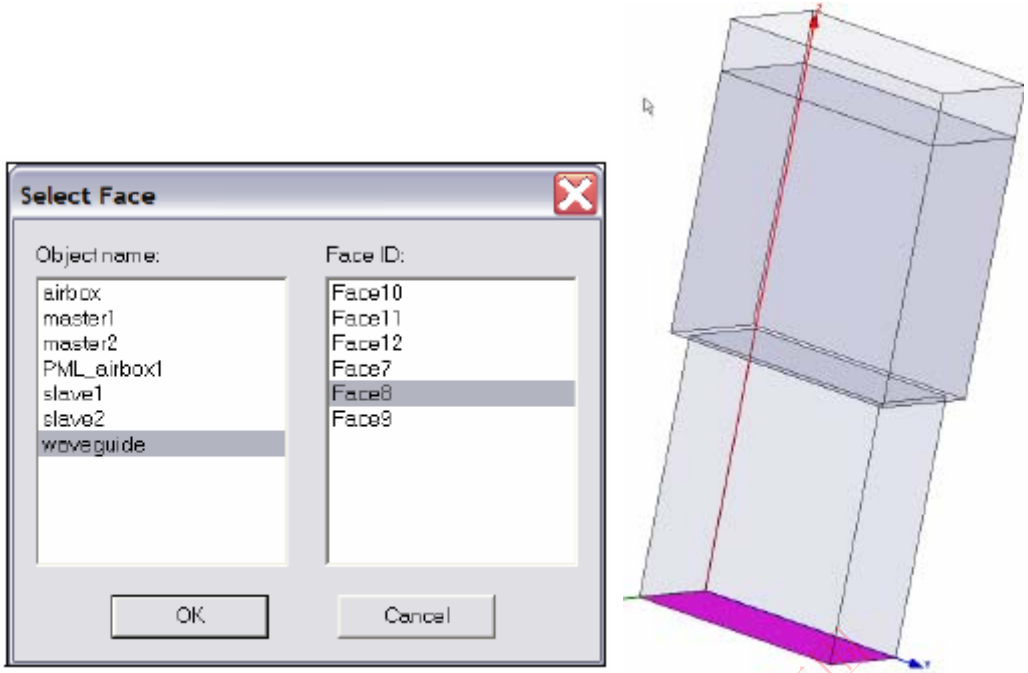
F 5.7.9

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**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



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）

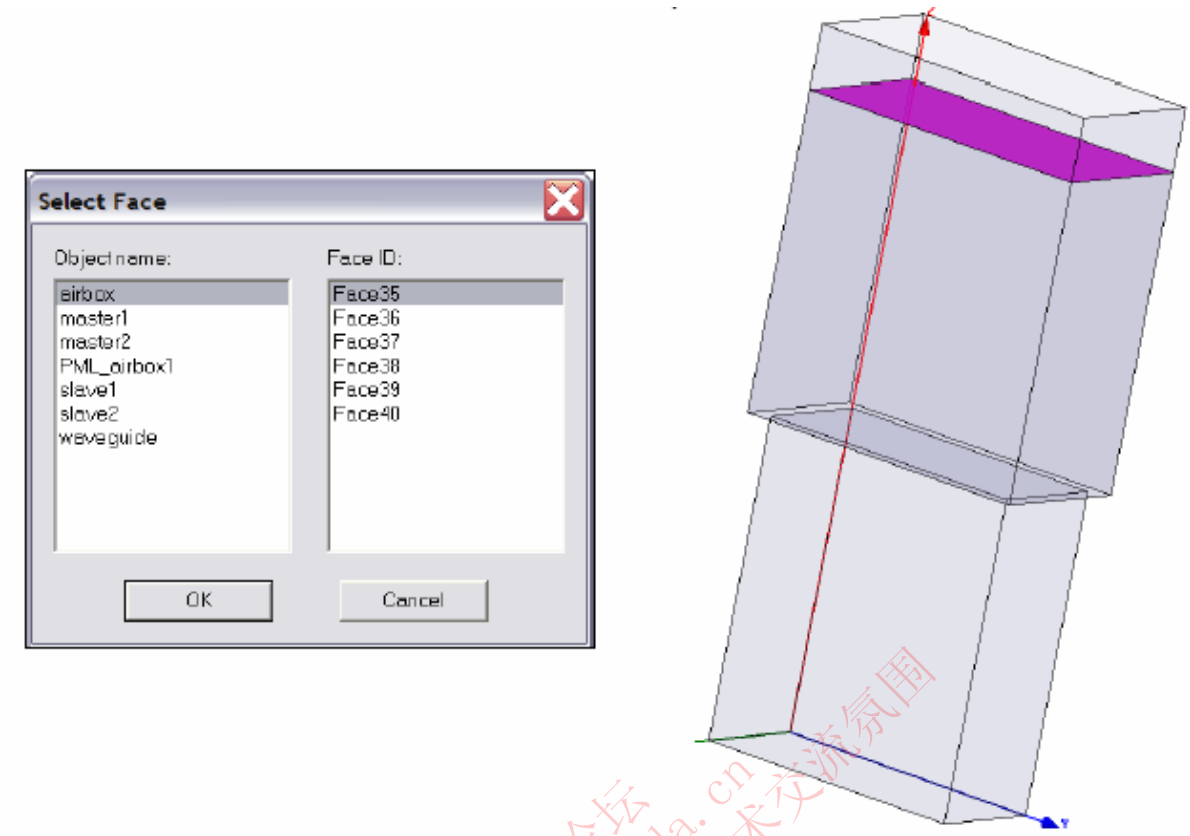
点击 **Finish**

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**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



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**

最在 delta S（Maximum 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>intinite Sphere***
2. 远场辐射球面设置对话框

2.1 选择无限远球面（**Infinite Sphere**）

2.1.1 命名（name）：**ff-all**

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

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

2.2 点击 **Radiation Surface**

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

2.4 点击 **OK**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

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：

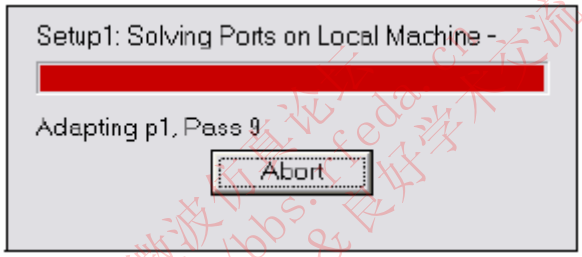
1. 选择菜单 ***HFSS>Validation Check***
2. 点击 **close**

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**

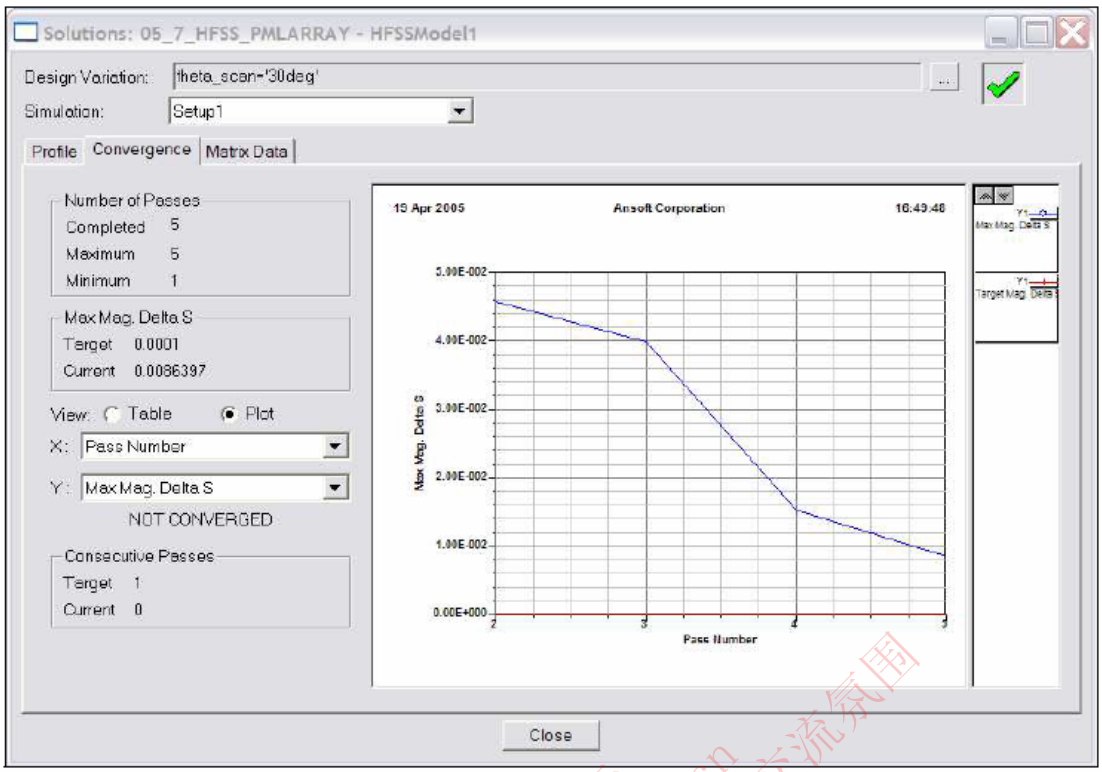
注意：默认收敛性的查看形式为表格型（**Table**）.选择 **Plot** 单选按钮来查看收敛数据的图形显示。

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

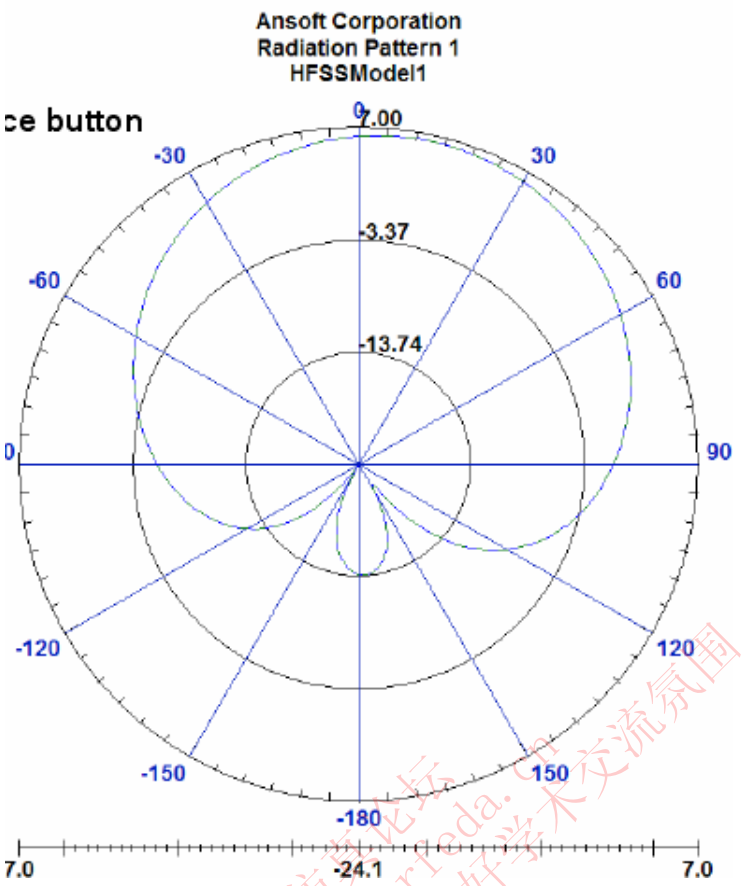
通过下面步骤作出 2D 的极坐标远场图：

1. 选择菜单 ***HFSS>Results>Create Report***
2. 创建报告窗口
   - 2.1 报告类型(Report Type)：**Far Fields**
   - 2.2 显示类型(Display Type)：**Radiation Pattern**
   - 2.3 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（Gategory）：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**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F 5.7.14

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

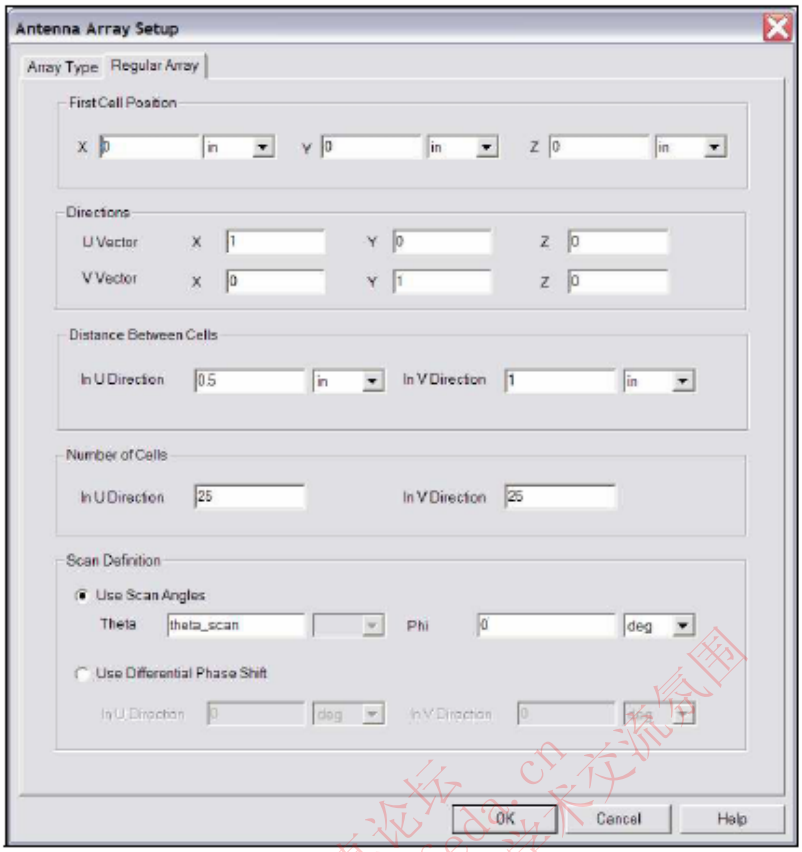
   U 方向：**25**

   V 方向：**25**
9. 扫描定义：使用扫描角度（Use Scan Angles）

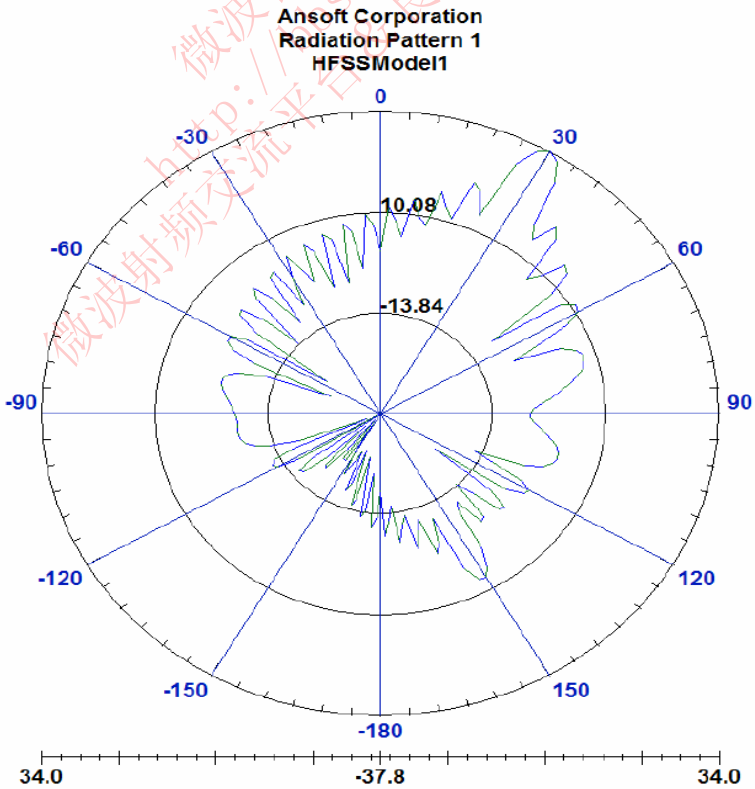
   Theta：**Theta-scan**

   Phi: **0deg**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 5.7.15



F 5.7.16

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

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：

2.1 点击 **Sweep Definition** 标签

2.2 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了 theta_scan。

3.4 点击 **Y** tab

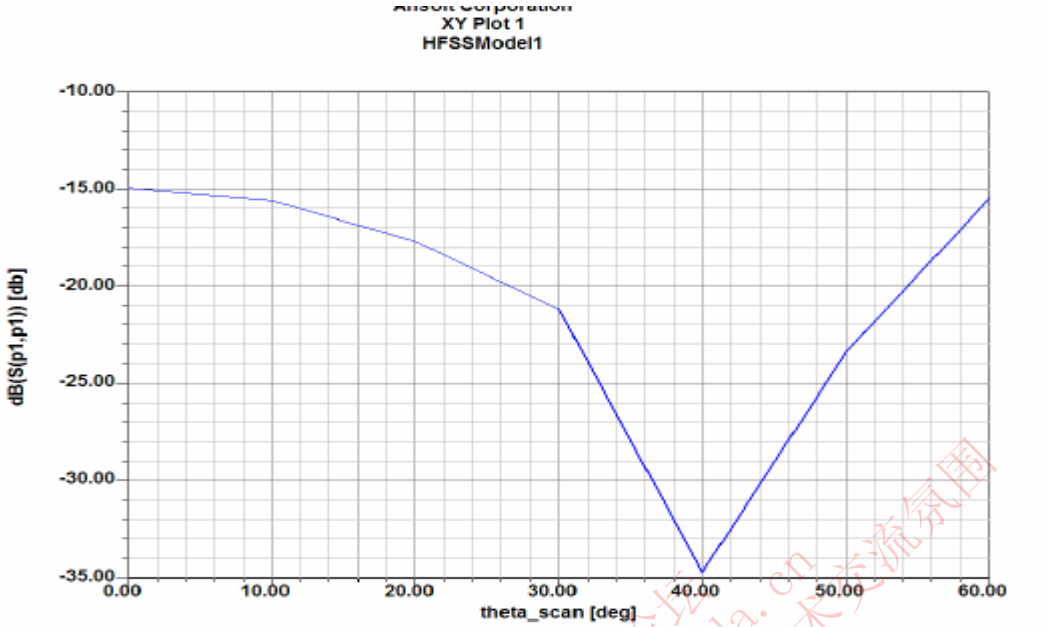
3.4.1 Category：**S Parameter**

3.4.2 Quantiy：**S（p1，p1）**

3.4.3 Funtion：**dB**

3.4.4 点击 **Add trace**

3.5 完成 **Done**



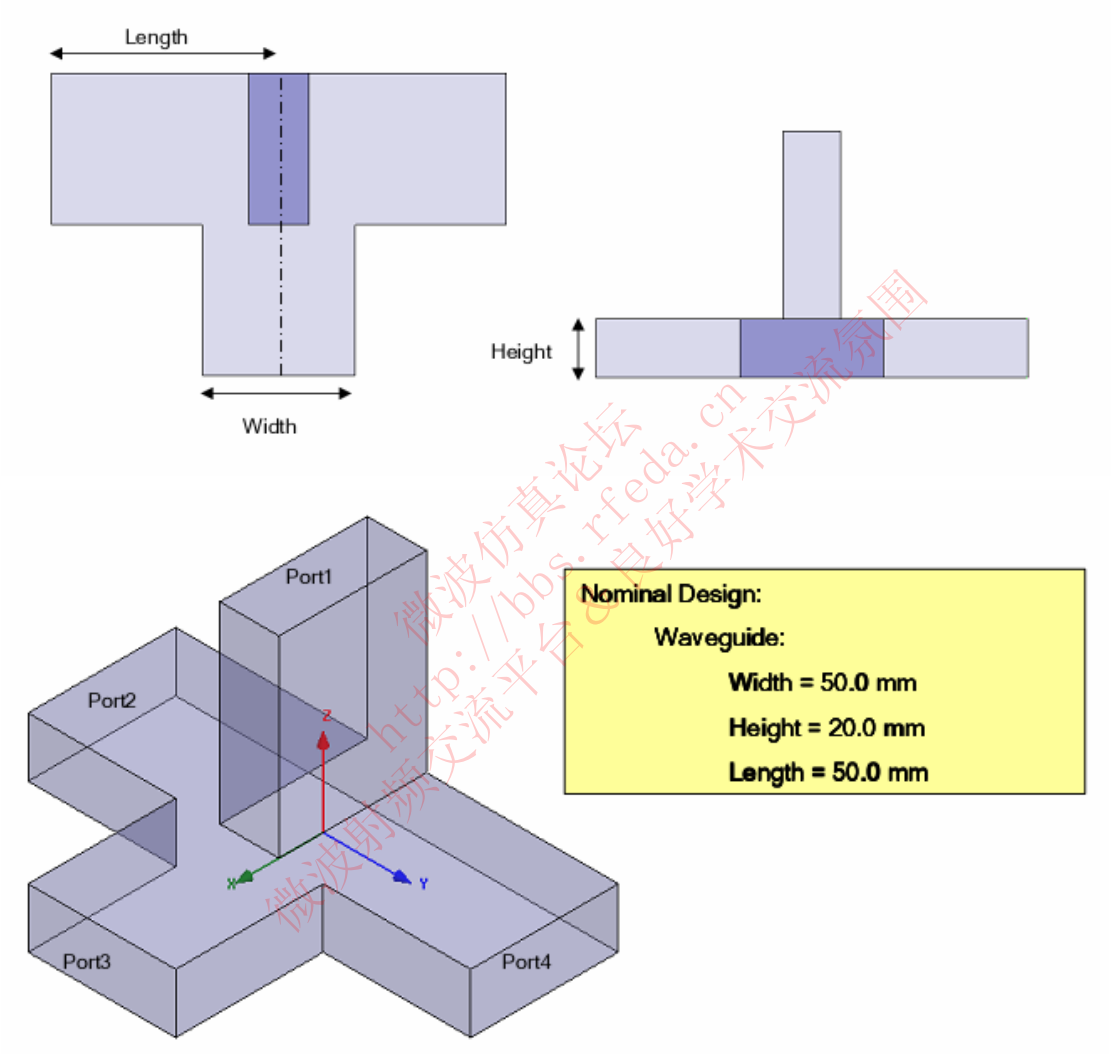
F 5.7.17

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第六章 微波实例

第一节 魔 T

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个魔 T 结构。魔 T 结构在 HFSS 设计各种微波器件环境中经常使用。



F 6.1.1

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一. Ansoft HFSS 设计环境

Ansoft HFSS 下面的特点是用来设计微波无源器件中使用的。

一) **3 维整体模型**

- 基本结构：盒子
- 布尔运算：联合、复制

二) **激励**

- 端口：波端口

三) **分析**

- 扫猫：快速扫频

四) **结果**

- 卡迪尔坐标系画图

五) **场**

- 3 维场图

二. 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

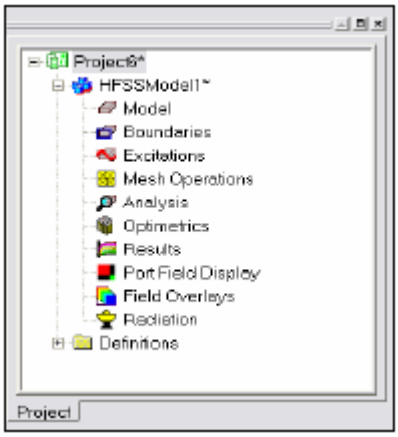
编辑新建原始结构的属性（Edit property of new primitives）：勾上。

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 6.1.2

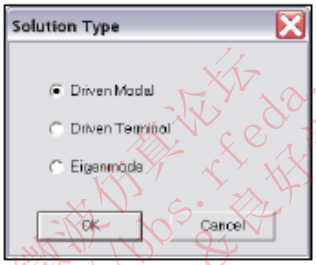
四）设置解决方案类型（**Set Solution Type**）

1．选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***

2．解决方案类型窗口：

1）选择**模式驱动（Driven Modal）**

2）点击 **OK** 按钮。



F 6.1.3

三. 建立 3D 模型

一）.建立三维模型

1. 模型单位：

1) 选择菜单项：3D Modeler > Units

2) 选择模型单位：mm

3) 点击确定

F 6.1.4

二）选择缺省材料

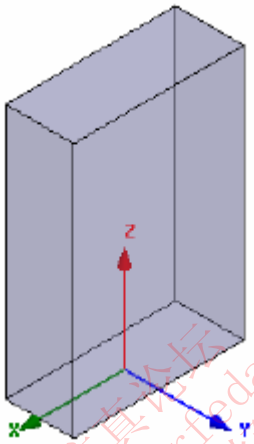
用三维模型材料工具栏，选择真空

F 6.1.5

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三) **创建顶臂 1**

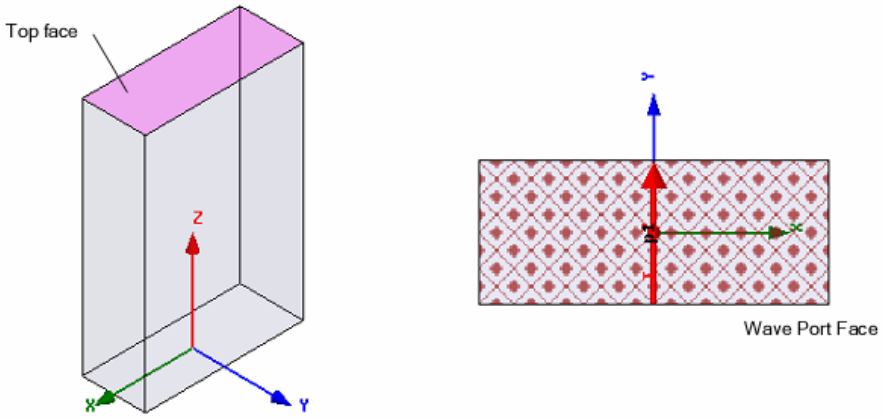
1. 建立**顶臂**：
   1) 选择菜单项：***Draw > BoxDraw***
   2) 选择起始**位置**：X: 25.0 Y: -25.0 Z:0.0 **回车**
   3) 选择相对**坐标**：dX50.0 Dy:75.0 Dz:25.0 **回车**
2. 重命名：从材料窗口选择属性平台：
   1) 名字的命名类型：**Arm**
   2) 点击**确定**
3. 适合观看的调整：
   3) 选择菜单项：***View > Fit All > Active ViewView***。或者 ***Ctrl+D*** 键



F 6.1.6

四) **建立波导端口激励 1**

1. 选择端口面：
   1) 选择菜单项：***Edit > Select > Faces***
   2) 选择顶部的面：**Z=75mm** 的位置
2. 设计**波端口激励**：
   1) 选择菜单项：***HFSS > Excitations > Assign > Wave Port***
   2) 波端口：general 名字：p1； 点击 next 键
   3) 波端口：models 点击 next 键
   4) 波端口：Wave Port : Post Processing 点击结束键



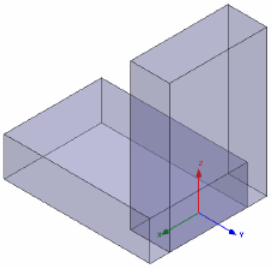
F 6.1.7

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的朋友交流平台 & 良好学术交流氛围

3. .选择物体：选择菜单项：***Edit > Select > ObjectsEdit***

五) **创建臂 2：**

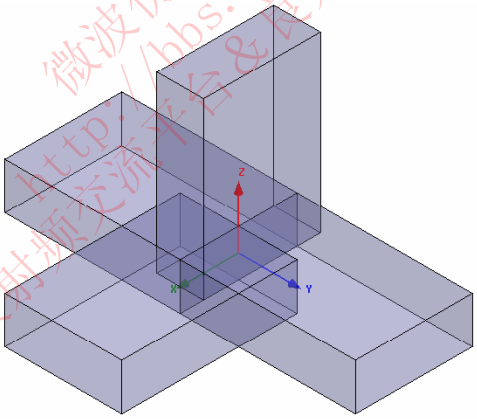
1. 选择菜单项：***Edit > Select All VisibleEdit*** 或者按 ***Ctrll+A***
2. 选择菜单项：***Edit > Duplicate > Around AxisEdit*** 选择以 X 为轴，旋转 90 度，数目 2，点击**确定**键
3. 适合观看的调整:选择菜单项：***View > Fit All > Active View***



F 6.1.8

六) **建立臂 3 和 4：**

1. 选择物体臂 1：（1）选择菜单项：Edit > Select > By Name
2. 选择物体对话框：（1）选择物体臂 1； (2) 点击确定
3. 建立臂 3 和 4：
   1) ***Edit > Duplicate > Around Axis.***
   2) 以 Z 为轴旋转 90 度，总数为三个，点击**确定**键
4. 调整观看：选择菜单项：***View > Fit All > Active View.***



F 6.1.9

七) **连接各个臂：**

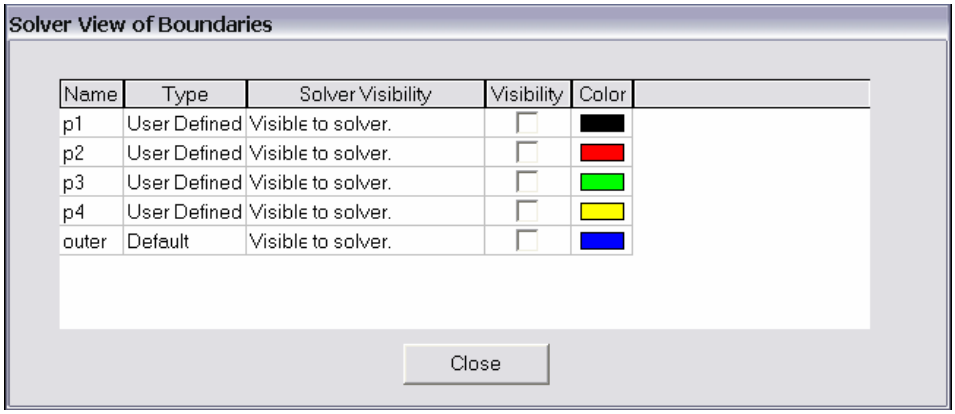
1. 连接各个臂：
   3) 选择菜单项：***Edit > Select All Visible***；或者按 Ctrl+A 建。
   4) 选择菜单项：***3D Modeler > Boolean > Unite***
2. 调整观看：选择菜单项：***View > Fit All > Active View.***

八) **边界显示:**

选择菜单项：***View > Fit All > Active View***

1. 验证边界设置：选择菜单项：***HFSS > Boundary Display (Solver View)***
2. 从边界的观看，你可以选择从可视的复选框里观看呈现的边界，选择菜单项 *View > Visibility* 可以隐藏几何物体，这样可以更容易的观看边界。
3. 点击**关闭**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&设计技术交流园



F 6.1.10

四. 分析设置:

一) 建立分析设置

1. 建立一个分析设置：
   1) 选择菜单项; ***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***
2. 完成设置窗口：点击综合表
   1) 设置频率;4.0GHZ
   2) 设置最多步数：5
   3) 设置步长为0.02.
3. 点击确定键

二) 增加一个频率扫描

1. 选择菜单项：***HFSS > Analysis Setup > Add Sweep***
2. 选择设置：Setup1;
3. 点击确定建。

三) 编辑扫频窗口:

1. 扫频类型: ***Fast***
2. 扫频设置类型：Linear Count。起始频率 3.4GHZ，结束频率 4.0GHZ，计数 1001 次，选上保存场。
3. 点击确定键。

五. 保存工程

一) 保存工程:

1. 在 HFSS 软件窗口选择菜单项 ***File > Save As***.
2. 从 Save As 窗口键入文件名：***hfss_magic_t***
3. 点击保存键。

六. 分析

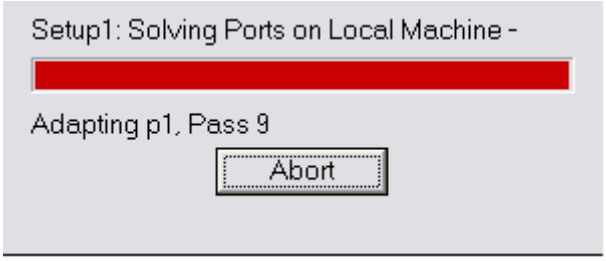
一) 模型确认

1. 选择菜单项: ***HFSS > Validation Check***
2. b.点击关闭键。注意有任何错误和警告信息，请使用信息管理器。

二) 分析

1. 选项菜单项：***HFSS > Analyze***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

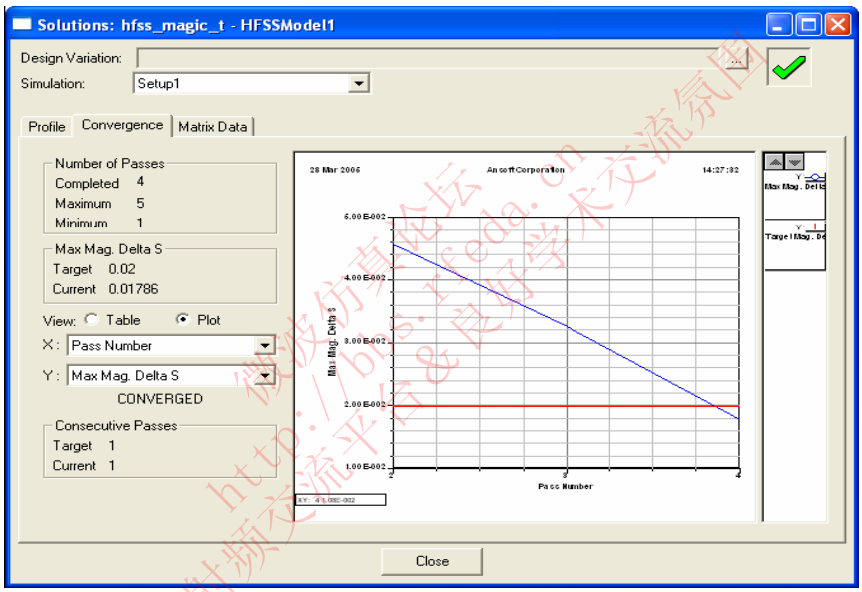


F 6.1.11

三) 求解数据

观看求解数据：选择菜单项：***HFSS > Results > Solution Data***

1. 观看外形 ***Profile:***：点击外形表。
2. 观看收敛 ***Convergence***：点击收敛表。
3. 观看矩阵值 ***Matix***：点击矩阵表。注意观看矩阵的实时更新数据，设置仿真为 Setup1, Last Adaptive
4. 点击关闭键。

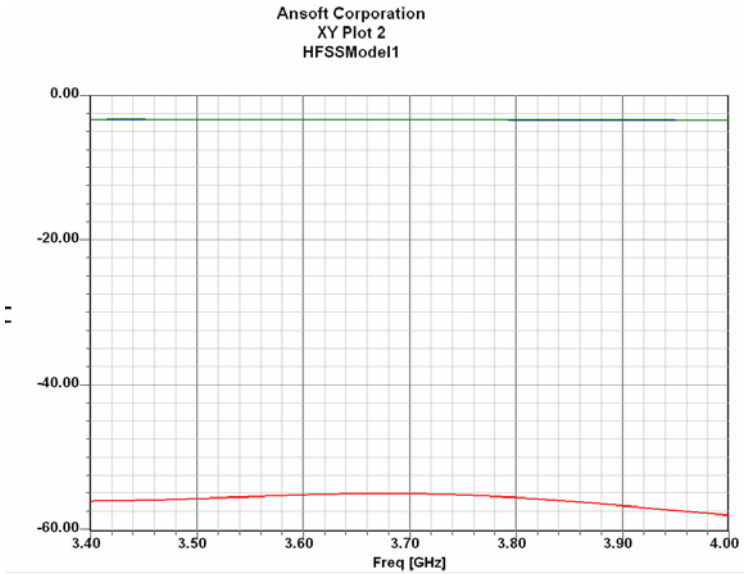


F 6.1.12

七. 生成报表

一) 产生 S 参数图，和适应性传输

1. 注意报告在求解过程之前或者之中，一个实时的数据会呈现。
2. 产生报告：
   1) 选择菜单项：***HFSS > Results > Create Report；***
   2) 产生报告窗口：报告类型：***Modal S Parameters；***显示类型: ***Rectangula***；点击确定键。
3. 描述窗口：
   1) 求解：***Setup1: Adaptive1***
   2) 点击 X 项：用原始扫描： ***Unchecked***；种类：***Variables*** ；量：***Pass***。
   3) 点击 Y 项：种类：***S Parameter***；量：S(p1,p1)，S(p1,p2)，S(p1,p3)，S(p1,p4)；单位：dB；点击增添迹线。
   4) 点击完成键。



F 6.1.13

二） 产生 S 参数图

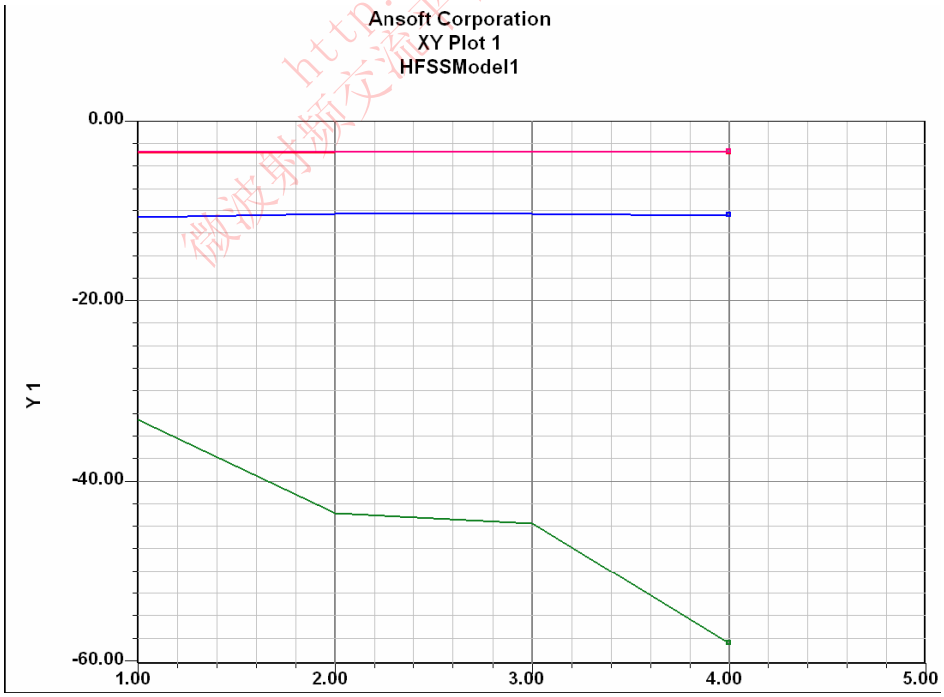
1. 产生一个报告：

1） 菜单项：***HFSS > Results > Create Report***

2） 产生报告窗口：报告类型：***Modal S Parameters***；显示类型 ***Rectangular；*** 点击确定键。

3） 描述窗口：求解：***Setup1: Sweep1***；范围：扫频；选择 Y 项：类型 S 参数、；量：S(p1,p1)，S(p1,p2)，S(p1,p3)，S(p1,p4)；单位： dB；点击 Add Trace 键。

4） 点击**完成**键

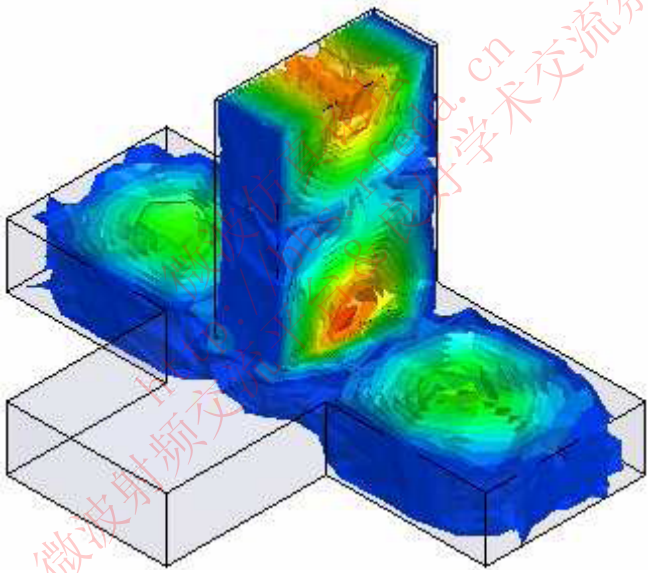


F 6.1.14

三） 产生场覆盖图

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

1. 选择一个物体：
   1) 选择菜单项：***Edit > Select > By Name***
   2) 选择物体对话框：选择物体名称：Arm ；点击确定键
   3) 选择菜单项：***HFSS > Fields > Fields > E*** > Mag_E
   4) 产生场图窗口：求解：Setup1：***LastAdaptive；*** 量：Mag_E;体积：All；点击完成键。
2. 修正场图的属性：
   1) 选择菜单项：***HFSS > Fields > Modify Plot Attributes***
   2) 选择场文件窗口：选择 E Field；点击确定键。
   3) E-Field 窗口：点击 Plot 项：***IsoValType: IsoValSurface***；点击 ***Apply*** 键。
   4) 点击 ***Close*** 键
3. 场图显示：显示一个全面的场图
   1) 选择菜单项：***View > Animate***
   2) 在扫频变量项：选择默认设置：扫频变量：Phase；开始：0deg；结束：180deg；步数：9
   3) 点击确定键

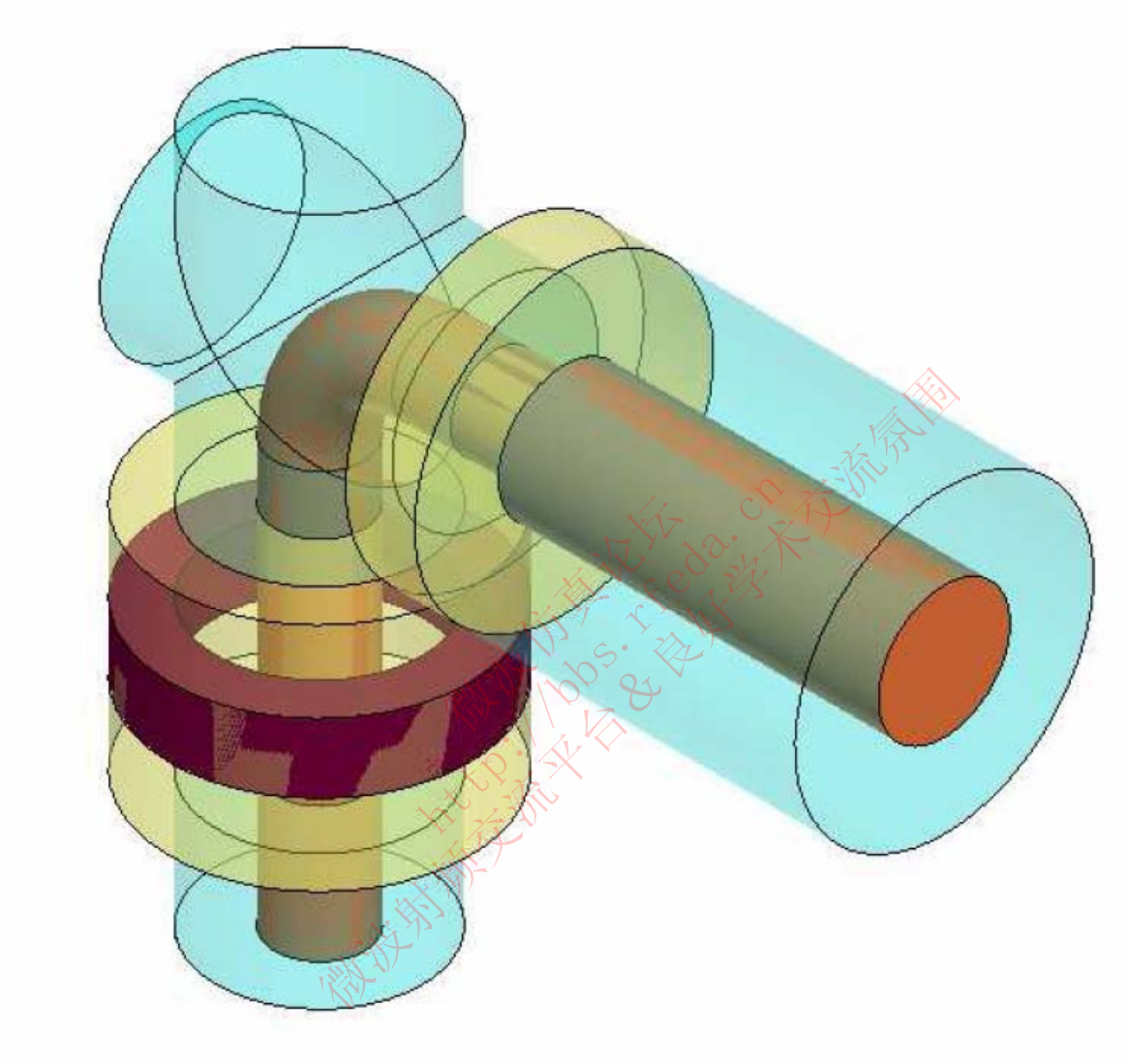


F 6.1.15

微波射频交流学术交流氛围

第二节 同轴连接器

这个例子教你如何在HFSS设计环境下创建、仿真、分析一个同轴连接器。



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一. Ansoft HFSS 设计环境

以下属性将应用到这一无源器件模型的创建中

1. 三维立体模型
   - 基本元件：柱体（**Cylinders**）， 折线（**Polylines**）， 圆（**Circles**）
   - 布尔（**Boolean**）操作：合并（**Unite**），删除（**Subtract**），扫频（**Sweep**）
2. 边界/激励
   - 端口：波端口（**Wave Ports**）和 终端积分线（**Terminal Lines**）
3. 分析
   - 扫描: 快速频域扫描（**Fast Frequency**）
4. 结果
   - 笛卡尔直角坐标系绘图(**Cartesian Plotting**)
5. 场分布图
   - 三维场图绘制(**3D field Plots**)，场分布动画(**Animation**)，剪切平面(**Cut-Planes**)

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二. 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。

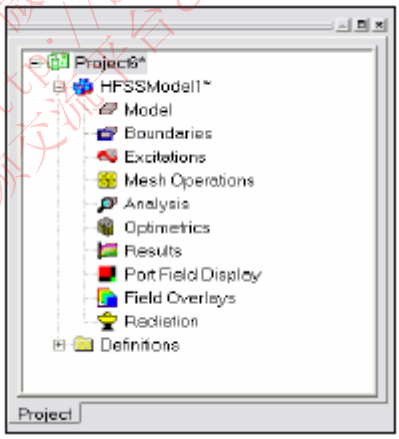
二）设置工具选项

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

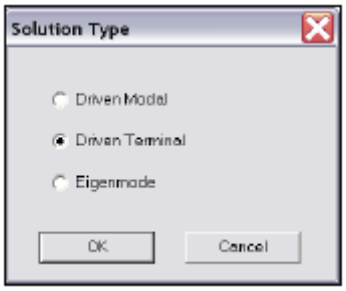
三）打开一个新工程

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）***。



四）设置解决方案类型（Set Solution Type）

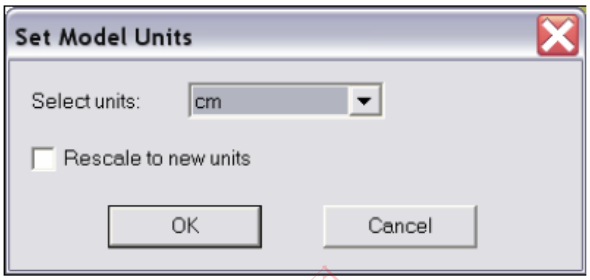
1. 选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***
2. 解决方案类型窗口：
   1）选择**终端驱动（Driven Terminal）**
   2）点击 **OK** 按钮。



三. 创建 3D 模型

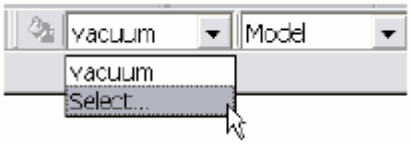
一) 设置模型单位（Units）

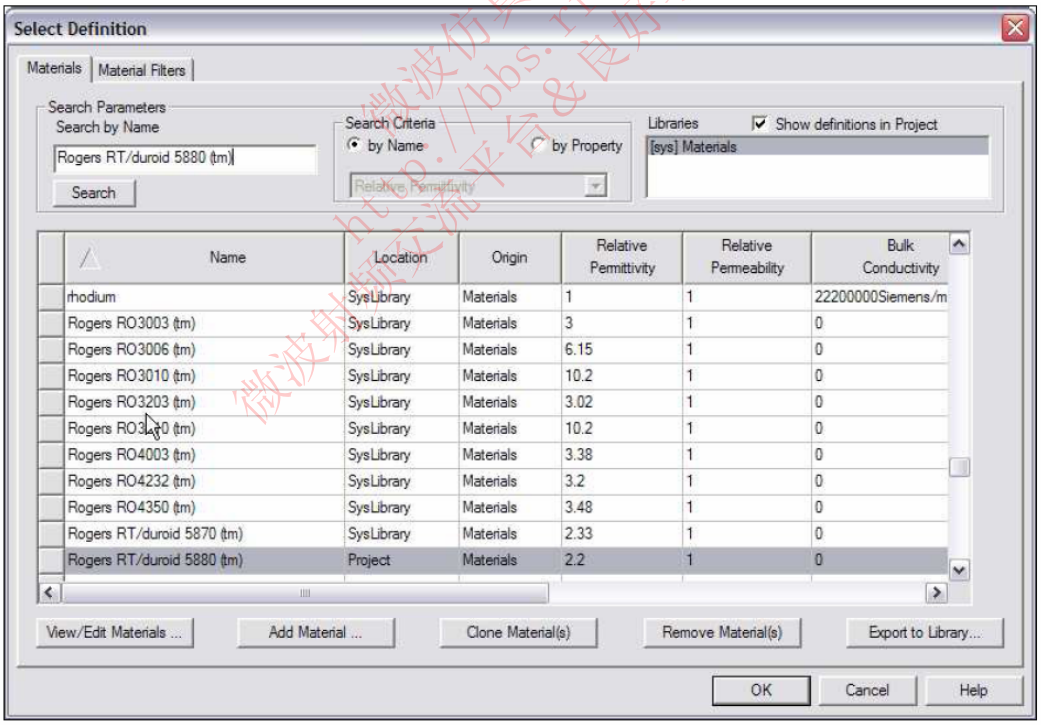
1. 选择下拉菜单 **3D Modeler>Units**
2. 设置模型单位：
   1).选中单位：**cm**
   2). 点击“**OK**”按钮



二) 设置默认材料（Default Material）

1. 使用三维建模材料工具条，选择“**Select**”
2. “选择定义（**Select Definition**）”窗口：
   1). 在“按名称搜寻（**Search by Name**）”文本框中键入“**pec**”
   2). 点击“**OK**”按钮



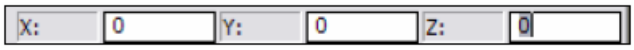


微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

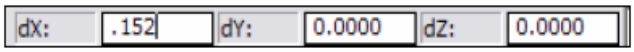
三） 创建导体柱 1（Conductor1）

A. 创建导体柱

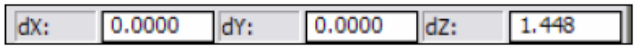
1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框(**coordinate entry fields**)，输入圆柱体（cylinder）的位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**0.0**，敲“回车(**Enter**)”键

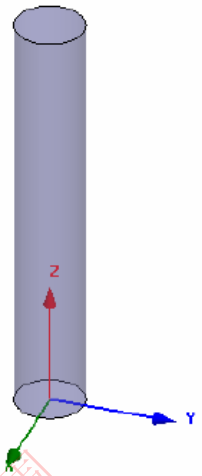


3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.152**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**，敲“回车(**Enter**)”键



4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY: **0.0**, dZ: **1.448**，敲“回车(**Enter**)”键



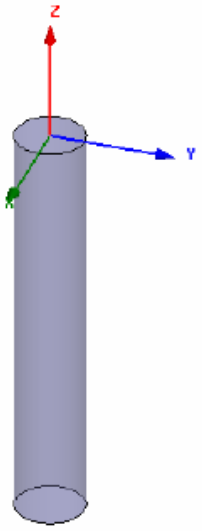


B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**Conductor1**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 调整视图(**to fit the view**)

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**，或者按“**Ctrl + D**”键



四） 创建平移（offset）坐标系统

A. 创建平移坐标系统

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler >Coordinate System>Create>Relative CS>Offset**
2. 应用坐标输入框，输入新坐标系原点
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**1.448**，敲“回车(**Enter**)”键

五） 创建横截面

A. 选取导体柱横截面

1. 选择下拉菜单：**Edit>Select All Visible**，或按“**CTRL+A**”键
2. 选择下拉菜单：**3D Modeler> Surface>Section**
3. “**Section**”窗口
   1). 截取平面：**XY**
   2). 点击“**OK**”按钮

六） 横截面重命名

A. 设置名称

1. 选择下拉菜单：**HFSS>List**
2. 在 **Model** 选项卡，选中目标，名称为：**Section1**
3. 点击属性“**Properties**”按钮
   1). **Name** 项输入：**Bend**
   2). 点击“**OK**”按钮
4. 点击“**Done**”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&爱好学术交流氛围

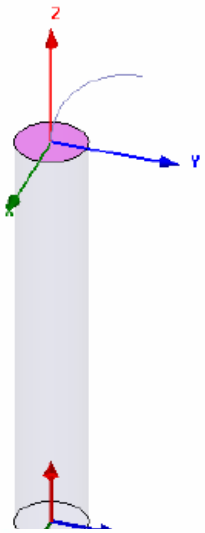
七） 设定栅格平面(grid plane)

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler>Grid Plane>YZ**

八） 创建弯导体

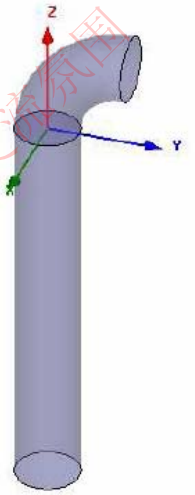
A. 创建导体弯头

1. 选择下拉菜单：**Draw>Arc >Center Point**
2. 使用坐标输入框，输入圆心坐标
   1). X: **0.0**, Y: **0.4**, Z:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 使用坐标输入框，输入顶点坐标
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 使用坐标输入框，输入角度扫描长度
   1). X: **0.0**, Y: **0.4**, Z:**0.4**, 敲“回车(**Enter**)”键
5. 点击鼠标右键，并选中功能菜单“**Done**”项
6. 当属性对话框出现时点击“**OK**”按钮



B. 扫描（**Sweep**）弯头

1. 选择下拉菜单：**Edit>Select >By Name**
2. “选择对象（**Select Object**）”对话框
   1). 选择目标名称：**Bend**，**Polyline1**
   2). 点击“**OK**” 按钮
3. 选择下拉菜单：**Draw>Sweep>Along Path**
4. “沿路径扫描（**Sweep along path**）”窗口
   1). **Angle of twist** 项输入：**0**
   2). **Draft Angle** 项输入：**0**
   3). **Draft Type** 项输入：**Round**
   4). 点击“**OK**” 按钮



九） 设定栅格平面

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler>Grid Plane>XZ**

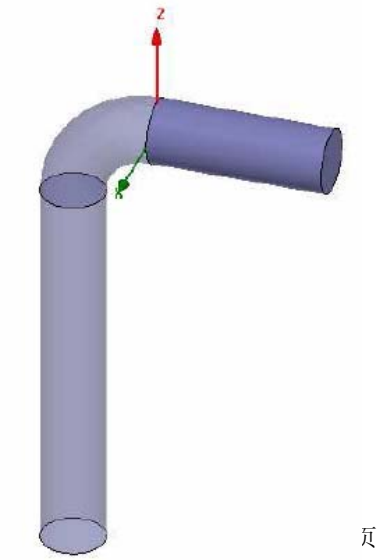
十） 平移坐标系

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler >Coordinate System>Create>Relative CS>Offset**
2. 应用坐标输入框，输入新坐标系原点
   1). X: **0.0**, Y: **0.4**, Z:**0.4**, 敲“回车(**Enter**)”键

十一） 创建导体 2

A. 创建导体柱

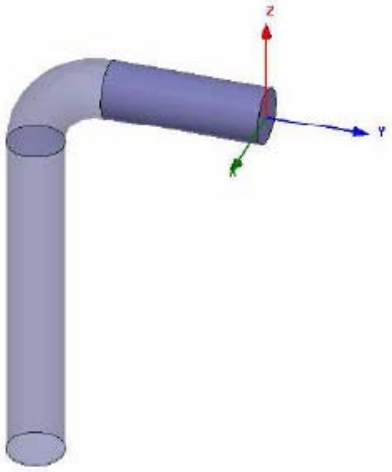
1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.152**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY: **0.436**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键



B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**Conductor2**
3. 点击“**OK**”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



C. 调整视图(**to fit the view**)

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

十二） 平移坐标系

1．选择下拉菜单：**3D Modeler >Coordinate System>Create>Relative CS>Offset**

2．应用坐标输入框，输入新坐标系原点

1). X: **0.0**, Y: **0.436**, Z:**0.4**, 敲“回车(**Enter**)”键

十三） 创建导体 3

A. 创建导体柱

1．选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**

2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置

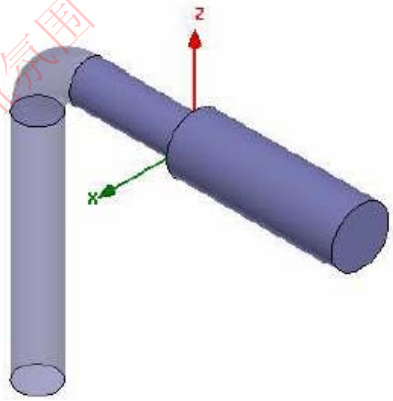
1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

3．应用坐标输入框，输入圆柱体半径

1).dX: **0.225**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

4．应用坐标输入框，输入圆柱体高度

1).dX: **0.0**, dY:**1.3**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键



B. 设置名称

1．在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡

2. 在“**Name**”项输入：**Conductor3**

3．点击“**OK**”按钮

C. 调整视图(**to fit the view**)

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

十四） 组合前述导体部件

A. 组合前述导体部件

1．选择下拉菜单 **Edit >Select All Visible**，或者按“**CTRL＋A**”键

2．选择下拉菜单：**3D Modeler>Boolean>Unite**

B. 调整视图(**to fit the view**)

1．选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

十五） 设置默认材料

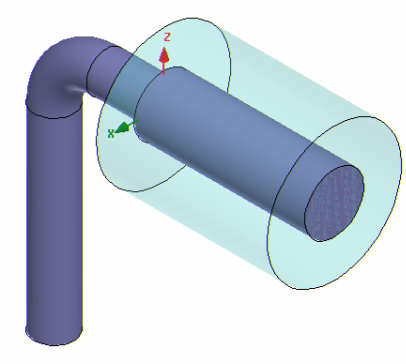
1．使用三维建模材料工具条，选择“**vacuum**”

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&专业好学术交流氛围

十六) 创建“Female” 接头

A. 创建 **Female** 接头

1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.511**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY:**1.3**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键



B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**Female**
3. 点击“**OK**”按钮

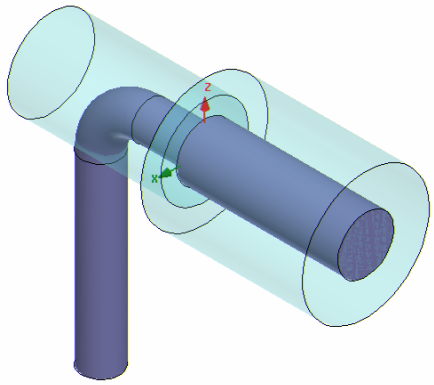
C. 调整视图(**to fit the view**)

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

十七) 创建“Female”弯头

A. 创建弯头

1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.351**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY:**-1.236**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键



B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**FemaleBend**
3. 点击“**OK**”按钮

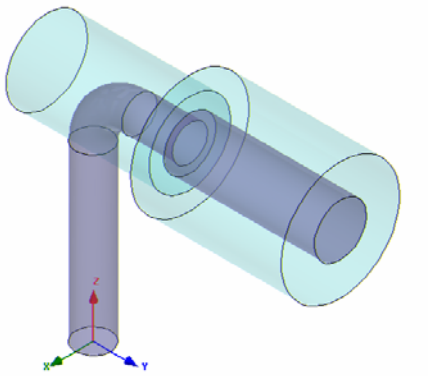
C. 调整视图

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

微波仿真论坛 bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

十八) 选定工作坐标系

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler >Coordinate System>Set Working CS**
2. “**Select Coordinate System**”窗口
   1). 在文件列表中选中全局(**Global**)坐标系
   2). 点击“**Select**”按钮



十九） 设定栅格平面

1. 选择主下拉菜单：**3D Modeler>Grid Plane>XY**

二十） 创建“Male”端口

A. 创建弯头

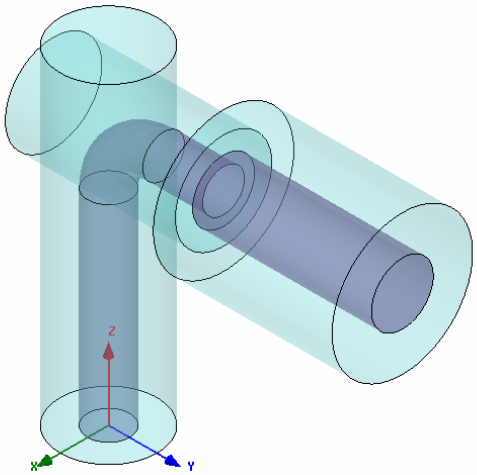
1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.351**, dY: **0.0,** dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY:**0.0**, dZ:**2.348**, 敲“回车(**Enter**)”键

B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**Male**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 调整视图

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

二十一) 组合真空材料元部件

A. 组合元件 **Female, FemaleBend** 和 **Male**

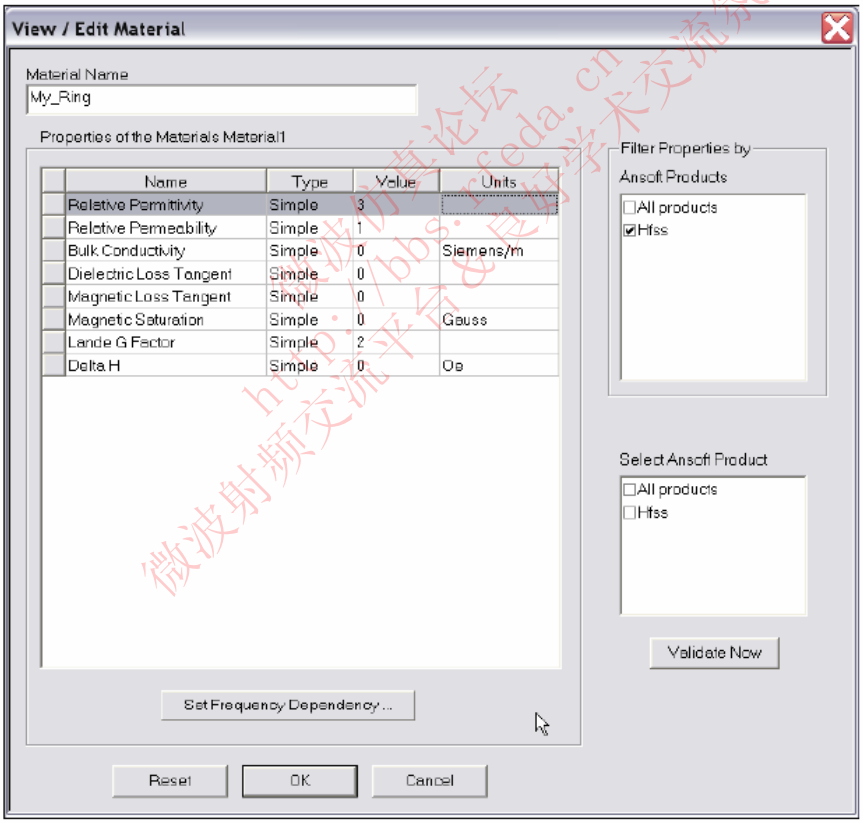
1. 选择下拉菜单 **Edit >Select >By Name**
2. “**Select Object**”对话框
   1). 选中目标：**Female, FemaleBend** 和 **Male** 元件
   2). 点击“**OK**”按钮
3. 选择主菜单下拉指令：**3D Modeler>Boolean>Unit**

B. 调整视图(**to fit the view**)

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active View**

二十二) 添加新材料

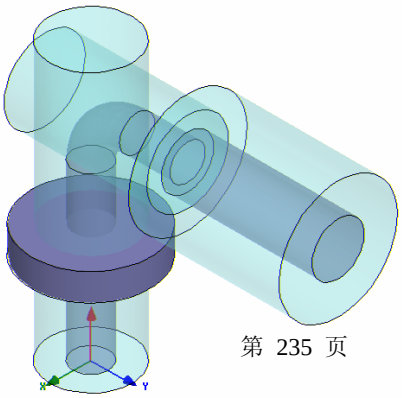
1. 使用三维建模材料工具条，选择“**Select**”
2. 在“**Select Definition**”窗口，点击“添加(**Add material**)”按钮
3. “**View/Edit Material**”窗口
   1). 输入材料名称：**My_Ring**
   2). 输入相对介电常数值：**3**
   3). 点击“**OK**”按钮
4. 点击“**OK**”按钮



二十三) 创建圆环

A. 创建弯头

1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.736**, 敲“回车(**Enter**)”键



3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径

1).dX: **0.511**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度

1).dX: **0.0**, dY:**0.0**, dZ:**0.236**, 敲“回车(**Enter**)”键

B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**Ring**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 调整视图

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active**

二十四） 完成环的创建

A. 选中目标 **Ring** 和 **Male**

1. 选择主菜单下拉指令选项：**Edit>Select>By Name**
2. “**Select Object**”对话框

1). 选中目标名称：**Ring**，**Female**

2). 点击“**OK**”按钮

B. 完成环的创建

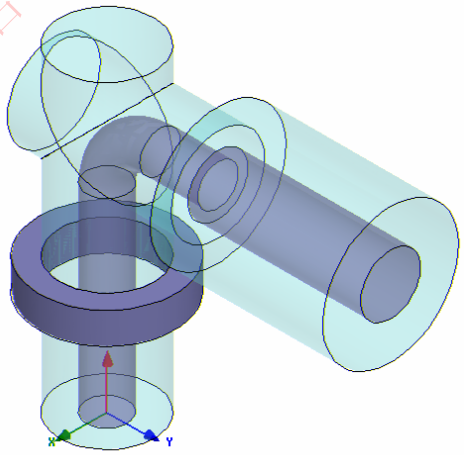
1. 选择主菜单下拉指令选项：**3D Modeler>Boolean>Subtract**
2. “**Subtract**”窗口

1). **Blank Parts** 项选择：**Ring**

2). **Tool Parts** 项选择 **Female**

3). 选中可选项：**clone tool objects before subtract**

4). 点击“**OK**”按钮



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二十五) 添加新材料

1. 使用三维建模材料工具条，选择“**Select**”
2. 在“**Select Definition**”窗口，点击“添加(**Add material**)”按钮
3. “**View/Edit Material**”窗口
   1). 输入材料名称：**My_Teflon**
   2). 输入相对介电常数值：**2.1**
   3). 点击“**OK**”按钮
4. 点击“**OK**”按钮

二十六） 创建 Male Teflon 模块

A. 创建聚四氟乙烯（**teflon**）

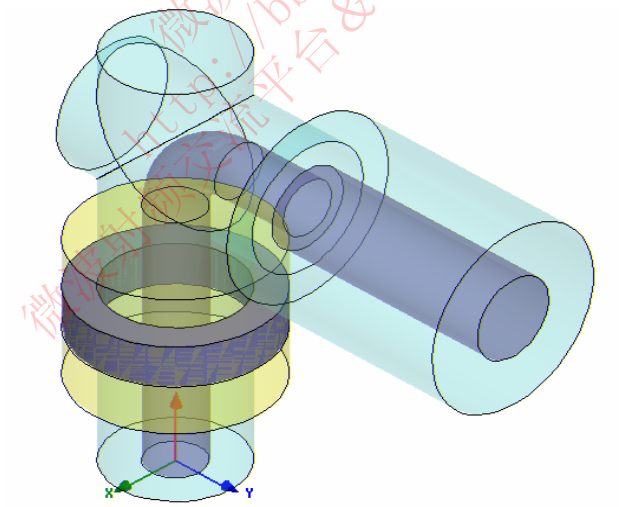
1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.46**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.511**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY:**0.0**, dZ:**0.788**, 敲“回车(**Enter**)”键

B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**MaleTeflon**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 调整视图

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active**



二十七） 创建激励端口 1

注：为了简化结构，创建一个二维几何形状来代表端口，这样做并不是必需的，选取几何体的表面来创建端口效果也一样

A. 用圆形来代表输入端口

1. 选择下拉菜单 **Draw>Circle**
2. 应用坐标输入框，输入圆心坐标
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆半径
   1).dX: **0.351**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

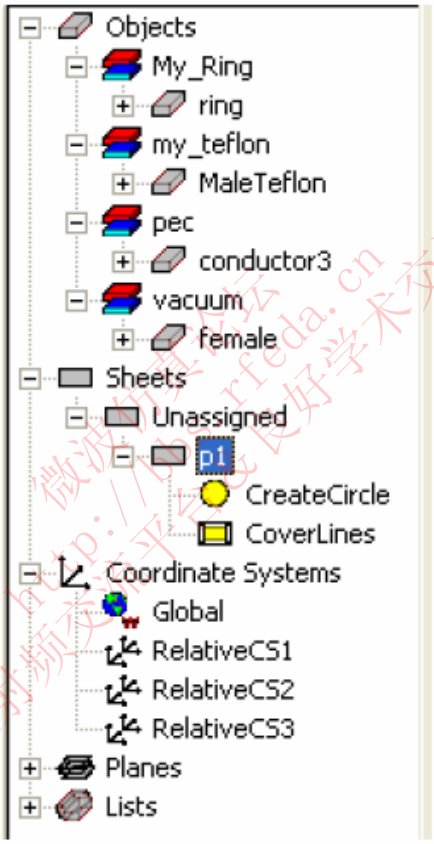
B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**p1**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 选中端口 1

1. 选择下拉菜单：**Edit>Select>By Name**
2. “**Select Object**”对话框
   1). 选择目标名称：**p1**
   2). 点击“**OK**”按钮

注：在 **Model Tree** 子窗口照样可以选中目标



二十八) 创建激励端口 1（续）

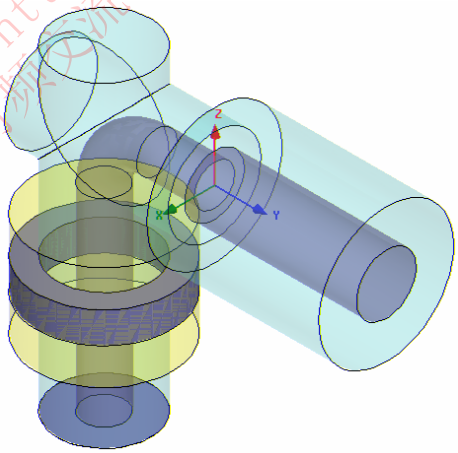
1. 选择下拉菜单 **HFSS>Excitations>Assign>WavePort**
2. **Wave Port**: **General** 窗口
   1). 输入名称(**Name**)：**p1**
   2). 点击“**Next**”按钮
3. **Wave Port**: **Terminal** 窗口
   1). **Number of Terminal**: **1**
   2). 对于 **T1**，点击 **Undefined** 栏选中 **New Line** 项
   3). 应用坐标输入框，输入矢量位置
      a. X: **0.351**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
   4). 应用坐标输入框，输入矢量顶点
      a. dX: **-0.199**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
   5). 点击“**Next**”按钮
4. **Wave Port: Terminal** 窗口
   1). 点击“**Next**”按钮
5. **Wave Port: Post Processing** 窗口
   1). **Full Port Impedance** 项输入：**50**
6. 点击“**Finish**”按钮

二十九） 设定工作坐标系

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler >Coordinate System>Set Working CS**
2. “**Select Coordinate System**”窗口
   1). 在文件列表中选中“**RelativeCS3**”坐标系
   2). 点击“**Select**”按钮

三十） 设定栅格平面

1. 选择下拉菜单：**3D Modeler>Grid Plane>XZ**



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

三十一) 创建激励端口 2

注：为了简化结构，创建一个二维几何形状来代表端口，这样做并不是必需的，选取几何体的表面来创建端口效果也一样

A. 用圆形来代表输入端口

1. 选择下拉菜单 **Draw>Circle**
2. 应用坐标输入框，输入圆心坐标
   1). X: **0.0**, Y: **1.3**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
3. 应用坐标输入框，输入圆半径
   1).dX: **0.511**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**p2**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 选中端口 1

1. 选择下拉菜单：**Edit>Select>By Name**
2. “**Select Object**”对话框
   1). 选择目标名称：**p2**
   2). 点击“**OK**”按钮

三十二) 创建激励端口 2（续）

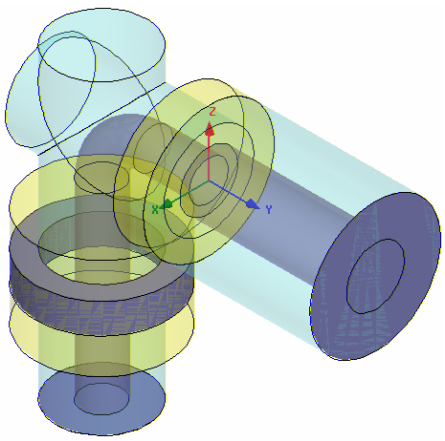
1. 选择下拉菜单 **HFSS>Excitations>Assign>WavePort**
2. **Wave Port: General** 窗口
   1). 输入名称(Name)：**p2**
   2). 点击“**Next**”按钮
3. **Wave Port: Terminal** 窗口
   1). **Number of Terminal: 1**
   2). 对于 **T1**，点击 **Undefined** 栏选中 **New Line** 项
   3). 应用坐标输入框，输入矢量位置
      a. X: **0.511**, Y: **1.3**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
   4). 应用坐标输入框，输入矢量顶点
      a. dX: **-0.286**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
   5). 点击“**Next**”按钮
4. **Wave Port: Terminal** 窗口
   1). 点击“**Next**”按钮
5. **Wave Port: Post Processing** 窗口
   1). **Full Port Impedance** 项输入：**50**
6. 点击“**Finish**”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围

三十三) 创建 Male Teflon 模块

A. 创建 **teflon**

1. 选择下拉菜单 **Draw >Cylinder**
2. 应用坐标输入框，输入圆柱体位置
   1). X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键



3. 应用坐标输入框，输入圆柱体半径
   1).dX: **0.511**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键
4. 应用坐标输入框，输入圆柱体高度
   1).dX: **0.0**, dY:**-0.236**, dZ:**0.0**, 敲“回车(**Enter**)”键

B. 设置名称

1. 在“**Properties**”窗口，选择“**Attribute**”选项卡
2. 在“**Name**”项输入：**FemaleTeflon**
3. 点击“**OK**”按钮

C. 调整视图

1. 选择下拉菜单 **View>Fit All>Active**

三十四) 完善真空元器件

A. 选中目标器件：**Female**, **MaleTeflon**, **FemaleTeflon**

1. 选择主菜单下拉指令选项：**Edit>Select>By Name**
2. “**Select Object**”对话框
   1). 选中目标项：**Female**, **MaleTeflon**, **FemaleTeflon**
   2). 点击“**OK**”按钮

B. 完善真空器件

1. 选择主菜单下拉指令选项：**3D Modeler >Boolean>Subtract**
2. “**Subtract**”窗口
   1). **Blank Parts** 项选择：**Female**
   2). **Tool Parts** 项选择: **MaleTeflon**, **FemaleTeflon**
   3). 选中可选项：**clone tool objects before subtract**
   4). 点击“**OK**”按钮

三十五) 完成模型构建

1. 选择主菜单下拉指令选项：**Edit>Select>By Name**
2. “**Select Object**”对话框
   1). 选中目标项：**Conductor1**，**Female**, **maleTeflon**, **FemaleTeflon**
   2). 点击“**OK**”按钮
3. 选择主菜单下拉指令选项：**3D Modeler >Boolean>Subtract**
4. “**Subtract**”窗口
   1). **Blank Parts** 项选择：**Female**, **maleTeflon**, **FemaleTeflon**
   2). **Tool Parts** 项选择: **Conductor1**
   3). 选中可选项：**clone tool objects before subtract**
   4). 点击“**OK**”按钮

三十六) 边界显示

核实边界条件设置

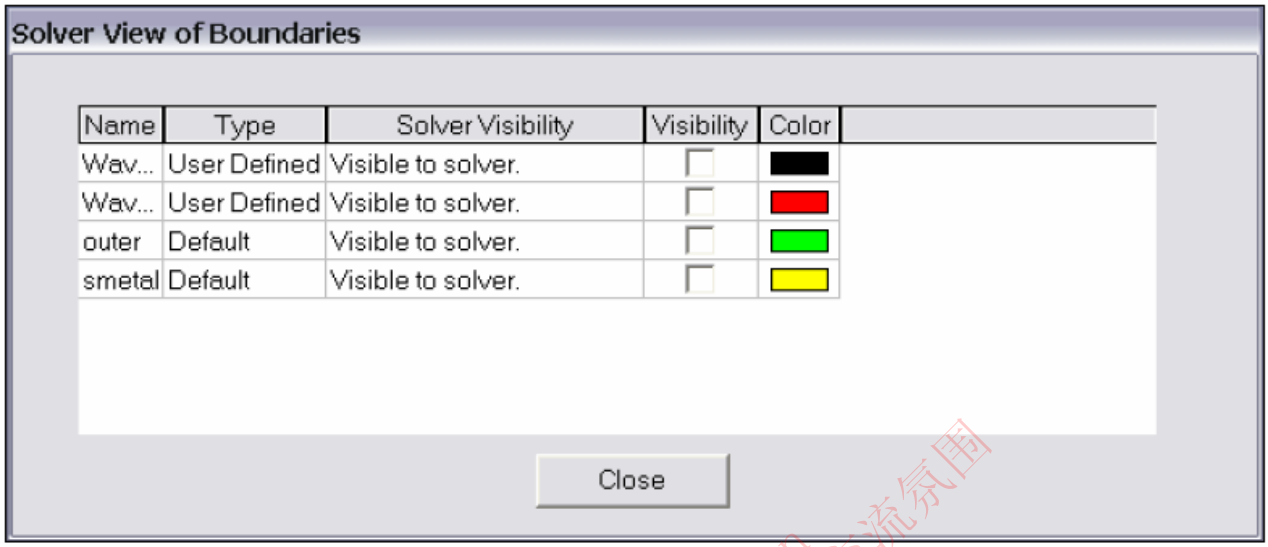
1. 选择主菜单下拉指令选项：**HFSS>Boundary Display (Solver View)**
2. 在“**Solver View of Boundaries**”窗口，通过点击可以切换显示需要显示的集合体边界
   1). 背景材料为金属

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

2). 理想导体显示为 **Smetal** 边界

3). 选择主菜单下拉指令选项 **View>Visibility** 可以隐藏所有的几何体，这样更方便查看边界

3．完成以上操作之后，点击“**Close**”按钮



四. 分析设置

一） 创建分析设置

1. 选择主菜单下拉指令选项: **HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup**

2. “**Solution Setup**”窗口：

1). 点击“**General**”选项卡：

a. **Solution Frequency** 项：**8.1GHz**

b. **Maximum Number of Passes** 项：**10**

c. **Maximum Delta** 项：**0.02**

2). 点击“**OK**”按钮

3). 单击“**Options**”选项卡：

a. **Minimum Converged Passes** 项输入：**2**

4). 点击“**OK**”按钮

二） 添加频率扫描

1．选择下拉菜单：**HFSS>Analysis Setup>Add Sweep**

1). 选中分析设置：**Setup1**

2). 点击“**OK**”按钮

2．“Edit Sweep”窗口：

1). 扫描类型(**Sweep Type**): 快速(**Fast**)

2). 频率设置类型(**Frequency Setup Type**): **Liner Count**

a. **Start: 0.1GHz**

b. **Stop: 8.1GHz**

c. **Count: 801**

d. 选中可选项： **Save Field**

3). 点击“**OK**”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

五. 工程文件存盘

一). 保存工程

1. 在 **Ansoft HFSS** 界面窗口中，选择主菜单下拉列表：**File>Save As**.
2. 在“**Save As**”窗口中，键入文件名：**hfss_coax**
3. 点击“**Save**”按钮

六. 分析计算

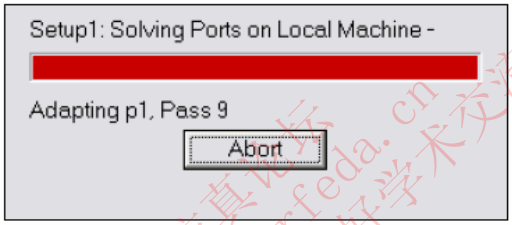
一、建模报错分析

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Validation Check**
2. 点击“**Close**”按钮

提示: 可以使用消息管理器，查看模型错误或警告信息

二、分析

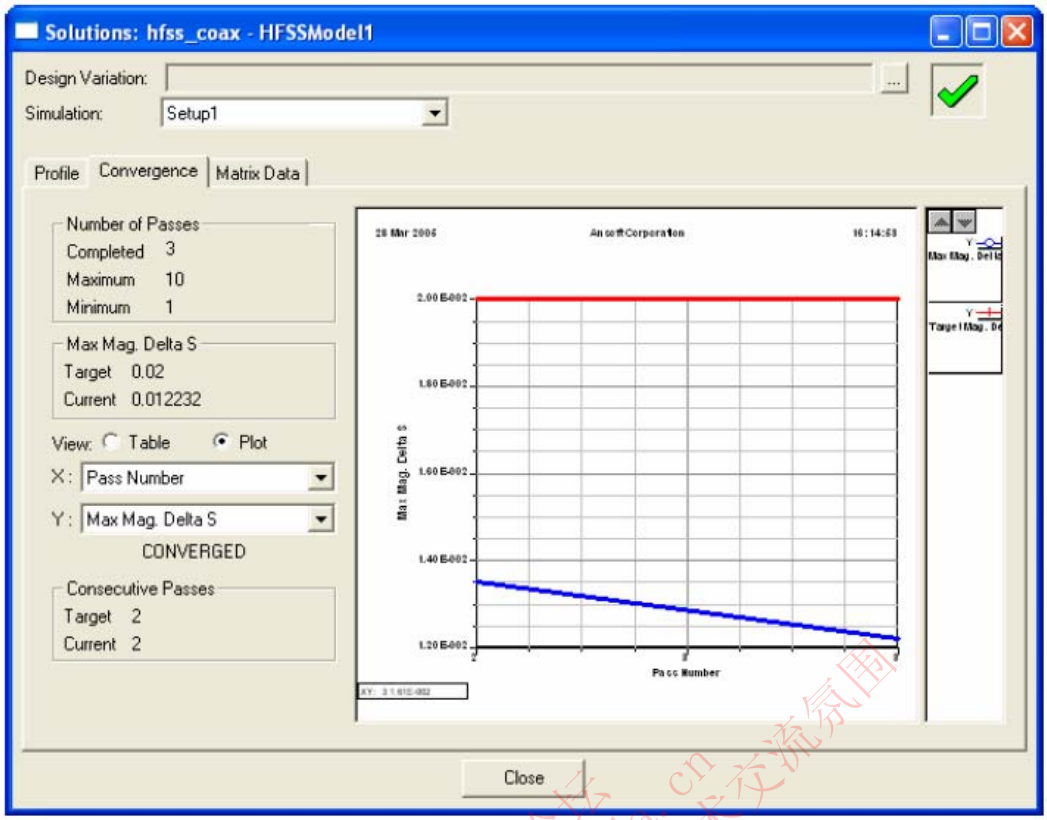
1. 选择下拉菜单：**HFSS>Analyze**



三、求解状态数据

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Result>Solution Data**
   1). 查看整体数据(**Profile**)
   点击“**Profile**”选项卡
   2). 查看收敛性(**Convergence**)
   a. 点击“**Convergence**”选项卡
   注意：**Convergence** 默认为表格形式，选择 Plot 比率选项查看 **Convergence** 数据的曲线形式
   3). 查看矩阵数据
   a. 点击“**Matrix Data**”选项卡
   注意：查看“**Matrix Data**”实时更新数据，请在 **Simulation** 中选择：**Setup1**，**Last Adaptive**
2. 点击“**Close**”按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

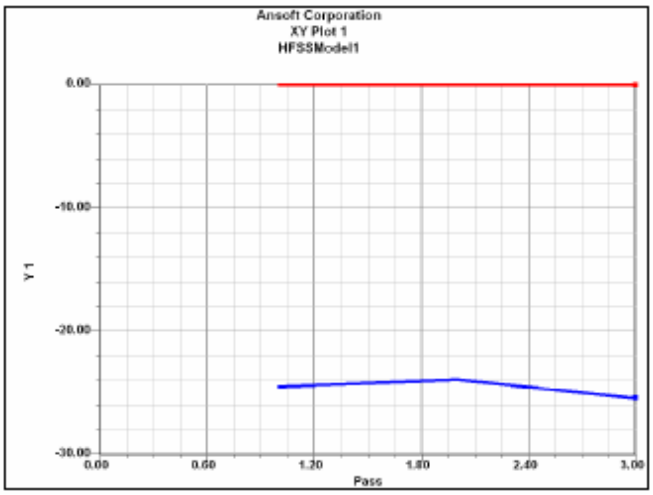


七. 结果输出

一、创建对自适应级的端口 S 参数图（Terminal S-Parameter vs. Adaptive Pass）

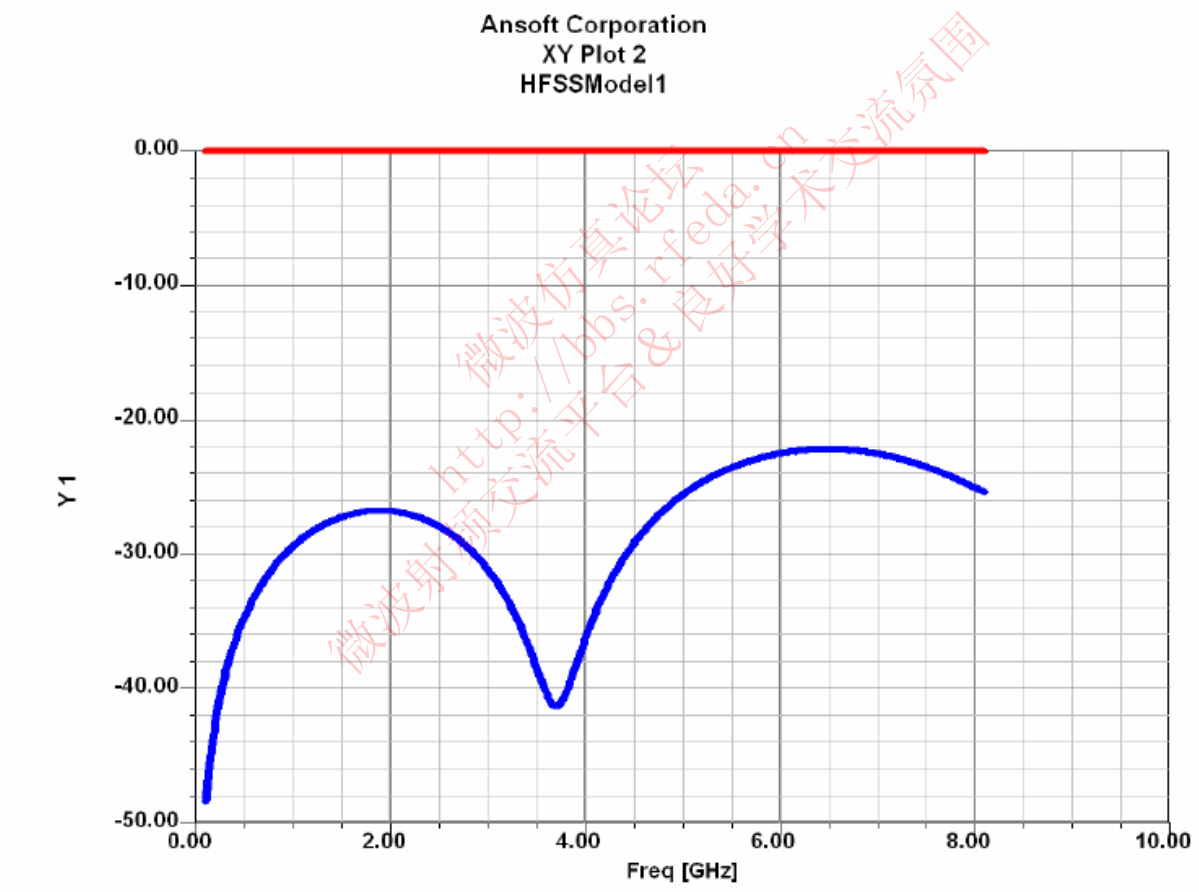
.注: 如果本报告在求解分析进程之前创建，窗口将显示实时数据

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Result>Create Report**
2. “**Create Report**”窗口：
   1). **Report Type**: **Terminal S Parameters**
   2). 显示类型(**Display Type**): **Rectangle**
   3). 点击“**OK**”按钮
3. “**Traces**”窗口:
   1). 求解项（**Solution**）选择: **Setup1**:**Adaptive1**
   2). 点击 X 选项卡
      a. 取消可选项：**Use Primary Sweep**
      b. **Category** 项选择：**Variables**
      c. **Quantity** 项选择：**Pass**
   3). 点击 Y 选项卡
      a. **Category**: **Terminal S Parameter**
      b. **Quantity**: **St(p1,p1), St(p1,p2)**
      c. **Function**: **dB**
      d. 点击“**Add Trace**”按钮
   4). 点击“**Done**”按钮



二、创建端口 S 参数幅度曲线（Magnitude）

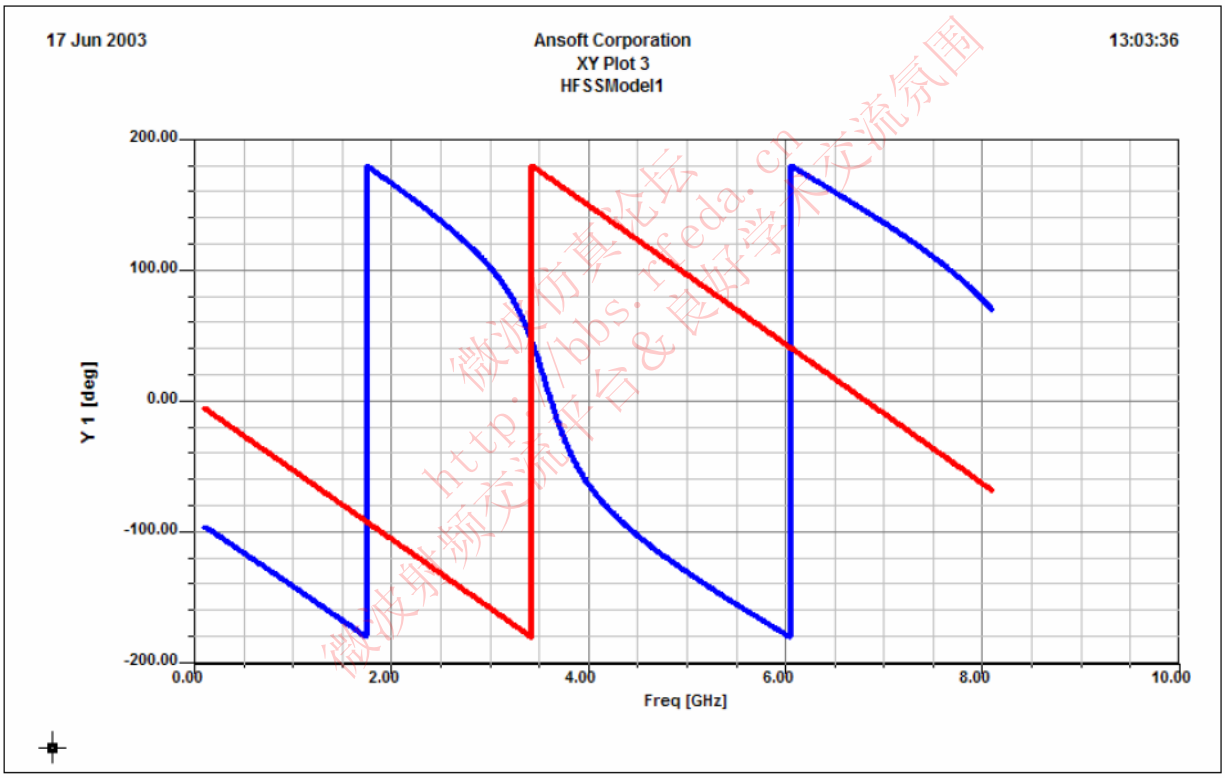
1. 选择下拉菜单：**HFSS>Result>Create Report**
2. “**Create Report**”窗口：
   1). **Report Type**: **Terminal S Parameters**
   2). 显示类型(**Display Type**): **Rectangle**
   3). 点击“**OK**”按钮
3. “**Traces**”窗口:
   1). **Solution**: **Setup1**:**Sweep1**
   2). **Domain**: **Sweep**
   3). 点击 Y 选项卡
      a. **Category**: **Terminal S Parameter**
      b. **Quantity**: **St(p1,p1)**，**St(p1, p2)**
      c. **Function**: **dB**
      d. 点击“**Add Trace**”按钮
   4). 点击“**Done**”按钮



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三、创建端口 S 参数相位曲线（Phase）

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Result>Create Report**
2. “**Create Report**”窗口：
   1). **Report Type**: **Terminal S Parameters**
   2). 显示类型(**Display Type**): **Rectangle**
   3). 点击“**OK**”按钮
3. “**Traces**”窗口:
   1). **Solution: Setup1:Sweep1**
   2). **Domain: Sweep**
   3). 点击 Y 选项卡
      a. **Category: Terminal S Parameter**
      b. **Quantity: St(p1,p1)，St(p1, p2)**
      c. **Function**: **ang_deg**
      d. 点击“**Add Trace**”按钮
   4). 点击“**Done**”按钮



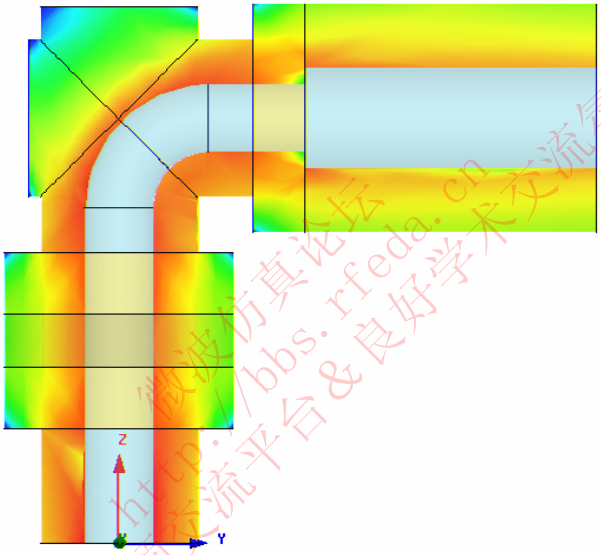
四、创建场分布图

一). 创建场图

1. 选中全局坐标系 **YZ** 平面
   1). 应用模型树（**Model Tree**）管理窗口，打开“**Planes**”项
   2). 选中 **Global:YZ** 面
2. 选择下拉菜单：**HFSS>Fields>Plot Fields> Mag_E**
3. “**Create Field Plot**”窗口设置如下：
   1). **Solution** 项：**Setup1: LastAdaptive**
   2). **Quantity** 项：**Mag_E**
   3). **In Volume** 项：**All**
   4). 点击“**Done**”按钮

二). 修改幅度场图

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Fields>Modify Plot Attributes**
2. “**Select Plot Folder**”窗口：
   1). **E Field**
   2). 点击“**OK**”按钮
3. E-Field 窗口：
   1). 点击“**Scale**”选项卡
      a. 选择 **Use Limits** 项
      b. **Min** 项输入：**1.0**
      c. **Max** 项输入：**1000.0**
      d. **Scale** 项输入：**Log**
   2). 点击“**Close**”按钮



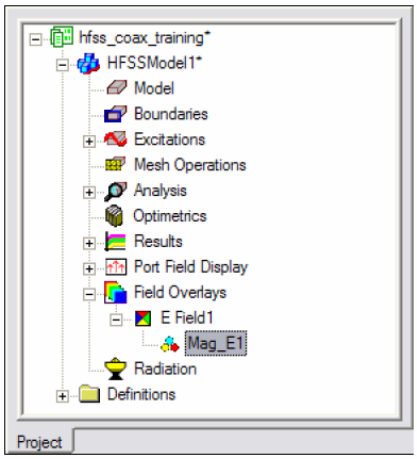
五、编辑源属性

一). 修改端口激励：

1. 选择下拉菜单：**HFSS>Fields>Edit Sources**
2. 在“**Edit Sources**”窗口，选中 **p2:T1**
   1). 核对 **Terminated box**
3. 点击“**OK**”按钮

二). 选中电场分布绘制图

1. 展开工程文件树窗口
2. 展开“场图(**Field Overlays**)”项
3. 点击“**E Field**”或“**Mag_E1**”显示场分布图



六、场动画绘制

1. 选择下拉菜单：**View>Animate**
2. 在“**Swept Variable**”选项卡，接受默认设置
   1). **Swept variable**: 相位（**Phase**）

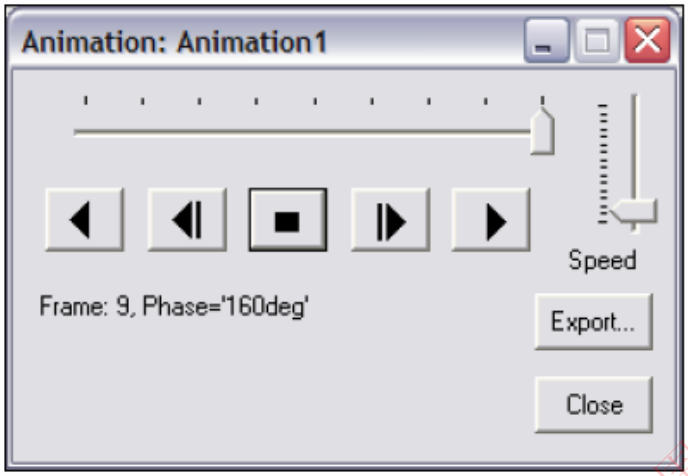
微波射频交流平台&良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

2). **Start: 0deg**

3). **Stop: 180deg**

4). **Steps: 9**

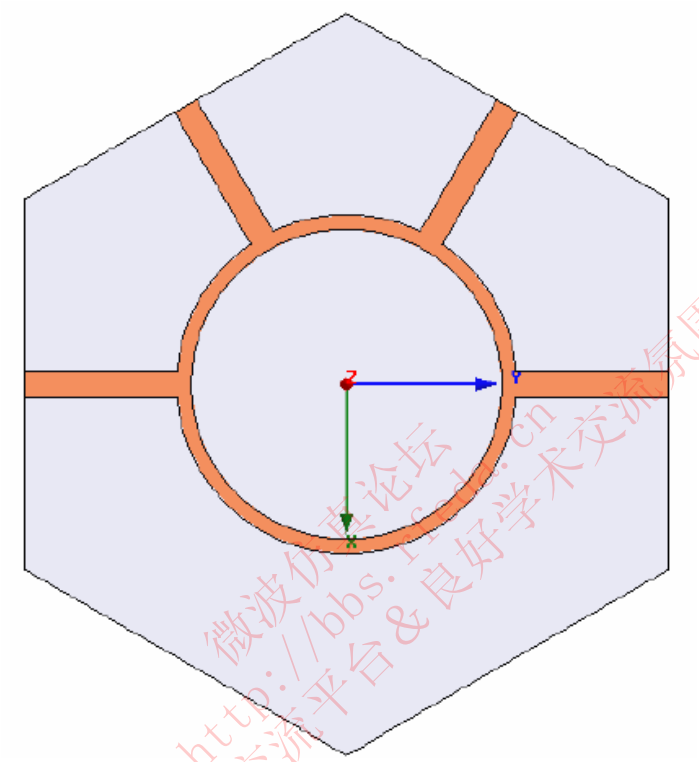
3. 点击“**Close**”按钮



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第三节 180^0 环形电桥

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析一个180^0 环形电桥



F 6.3.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

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

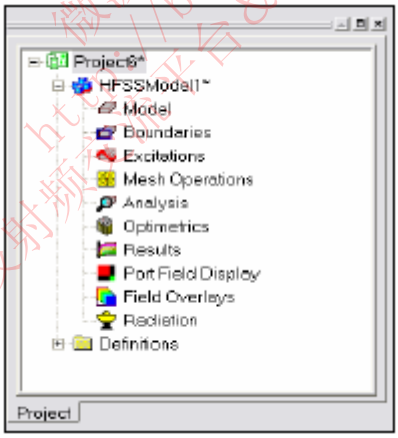
编辑新建原始结构的属性（Edit property of new primitives）：勾上。

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 6.3.2

四）设置解决方案类型（Set Solution Type）

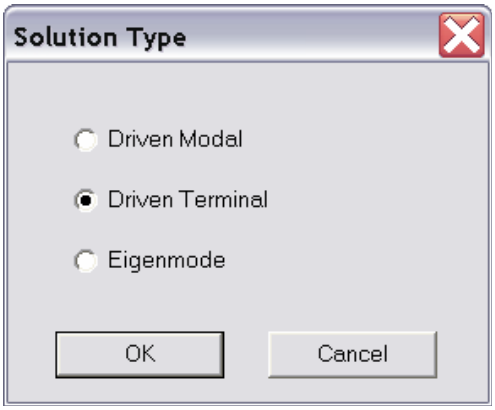
1．选择菜单中的 ***HFSS>解决方案类型（Solution Type）***

2．解决方案类型窗口：

1）选择**终端驱动（Driven Terminal）**

2）点击 **OK** 按钮。

微波射频系列平台&学术交流分享
http://bbs.rfeda.cn

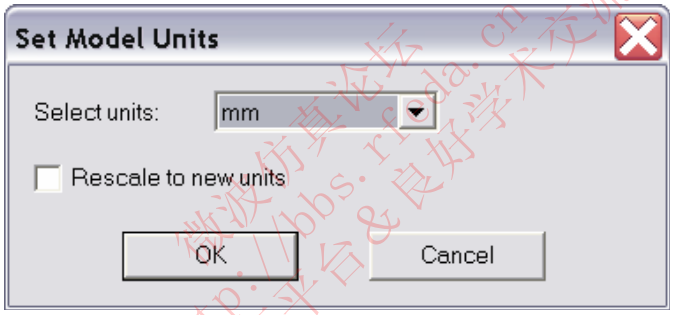


F 6.3.3

二. 创建 3D 模型

一) 设置模型单位

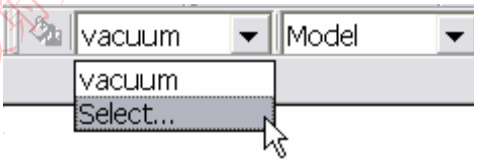
1. 选择选项 ***3D Modeler > Units***
2. 设置模型单位：
   1) 选择单位：**mm**
   2) 点击按钮 **OK**



F 6.3.4

二) 设置缺省材料

1. 选择 **3D Modeler Materials** 工具条的 **Select**

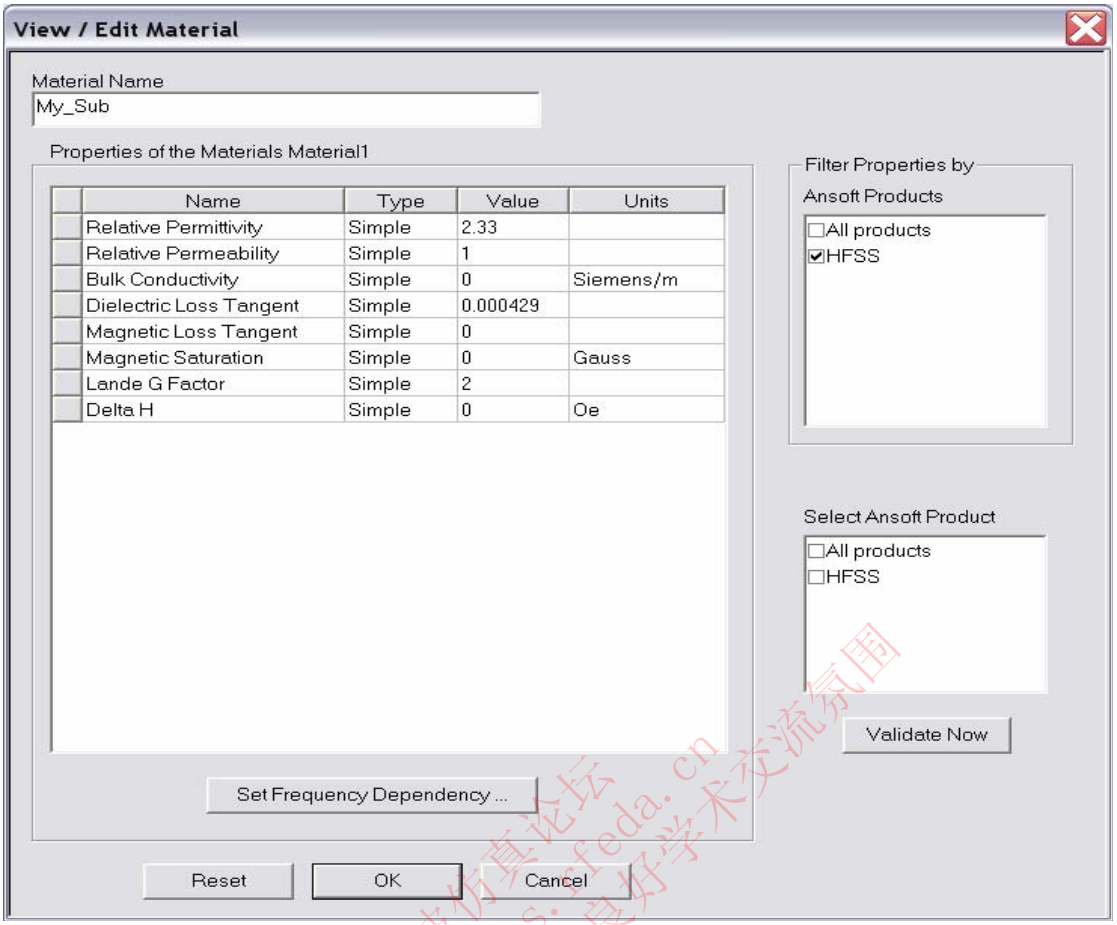


F 6.3.5

2. 选择定义窗口：
   1) 点击 **Add Material** 按钮
   2) 查看/编辑材料窗口：
      a. **Material Name** 类型设为 **My_Sub**
      b. **Value** of **Relative Permittivity**介电常数为**2.33**
      c. **Value** of **Dielectric Loss Tangent** 损耗因数为 4.29e-4
      d. 点击 **OK** 按钮 。
   3）点击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



F 6.3.6

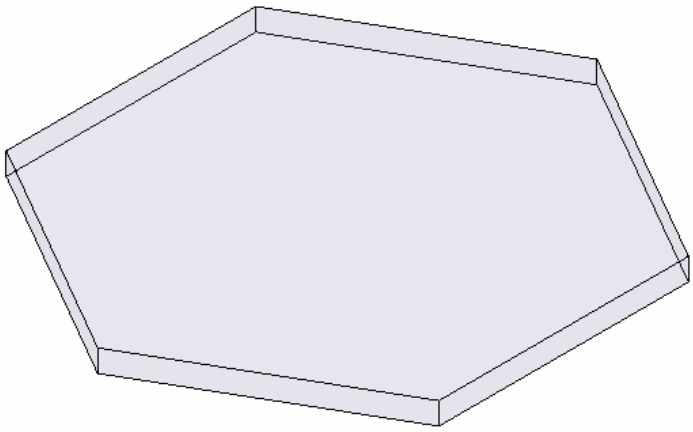
三) 创建底层介质

1. 创建底层介质
   1) 选择菜单 ***Draw > Regular Polyhedron***
   2) 在坐标输入区域输入中心点：**X: 0.0, Y: 0.0, Z: -1.143**，点击回车键。
   3) 在坐标输入区域输入半径：**dX: 22.345mm/cos(30*pi/180), dY: 0.0, dZ: 0.0**，点击回车键。
   4) 在坐标输入区输入高度：**dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.286**，点击回车键。

   段数量窗口
      a. 段数：**6**
      b. 点击 **OK** 按钮。
2. 设置名称
   1) 从 **Properties** 窗口选择 **Attribute** ；
   2) **Value** of **Name**选择 **Substrate**；
   3) 点击 **OK**。
3. 调整视图
   1. 选择***View > Fit All > Active View***或者点击**CTRL+D**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



F 6.3.7

四) 创建导带

1 创建导带

1) 选择 ***Draw > Rectangle***

2) 在坐标输入区输入矩形位置**X: -0.89154, Y: 0.0, Z: 0.0,** 点击回车键。

3) 输入矩形的对角位置d**X: 1.78308, dY: 22.345, dZ: 0.0**, 点击回车键。

2 设置名称

1）从**Properties** 窗口选择 **Attribute;**

2）输入名称 Trace;

3）点击 **OK** 按钮。

3 调整视图

1）选择 **View > Fit All > Active View.**

五) 把导带设为理想电边界

1 选择物体

1）. 选择 ***Edit > Select > By Name***

a. 选择物体的饿名称 **Trace**

b. 点击 **OK**按钮。

2 设置Perfect E boundary

1）. 选择***HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E***

2）. 在Perfect E Boundary 窗口中设置

a. 名称: **PerfE_Trace**

b. 点击 **OK**按钮

六) 创建波端口激励 1

1 注意:这个结构要求有4个端口，每个端口有一个积分线，我们可以使用面选择来选择结构上代表这个端口的的端点，定义积分线，设置激励，然后对端口2-4重复这一操作。因为我们可以复制端口定义，所以用合适的端口定义来定义一个矩形然后把它复制到端口2-4的位置是很便利的。第二种方法描述如下:

2 选择网格平面

1）. 选择***3D Modeler > Grid Plane > XZ***

3 调整视图

1）. 选择 ***View > Modify Attributes > Orientation***

2）. 从列表窗口选择查看路径

a. 从列表中选择查看名称: **Right**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

b. 点击 **Apply**

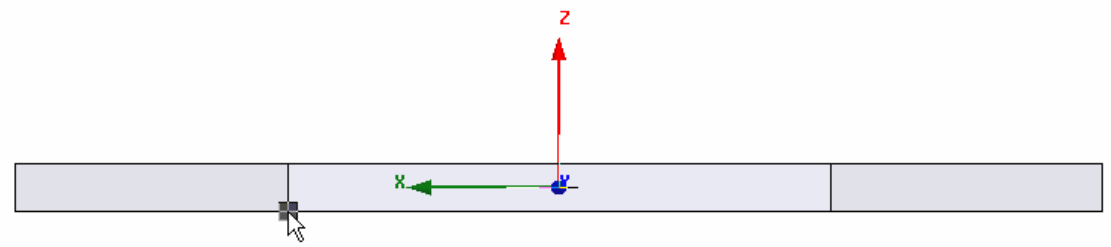
c. 点击 **Close**；

4 创建矩形图解

1). 选择***Draw > Rectangle***

2). 用鼠标点击激活定位指示，以便它定在介质面的较低的左角的顶点。当定在顶点的时候激活的位置指示将变为正方形。

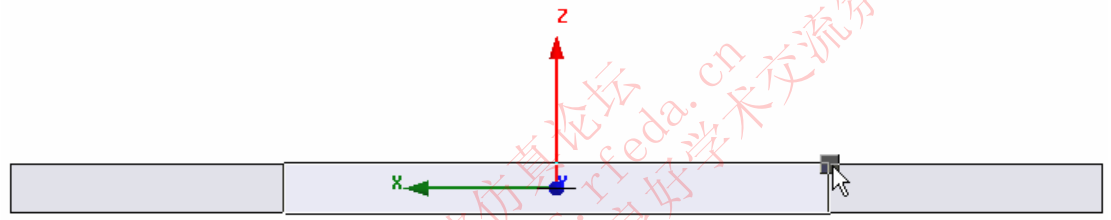
3). 点击鼠标左键选择该点作为开始位置。



F 6.3.8

4). 用鼠标点击激活定位指示以便它顶在介质面的较高的右角的顶点。当顶在顶点的时候激活的位置指示将变为一个正方形。

5). 点击鼠标左键设置矩形的对角。



F 6.3.9

设置名称：

1). 从**Properties**窗口选择**Attribute**。

2). 名称的类型为：**Port**；

3). 点击**OK**。

调整视图

1). 选择***View > Fit All > Active View.***

5 设置波端口激励

1). 选择***HFSS > Excitations > Assign > Wave Port***

2). 波端口：普通

a. 名称：**p1**

b. 点击**Next**

3). 波端口：终端

a. 终端的数量：1，点击**Update**

b. 对于T1,点击**Undefined**栏选择**New Line**

c. 在坐标区域输入向量的位置。**X: 0.0, Y: 22.345, Z: -1.143,** 点击回车。

d. 在坐标区输入长度**dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 1.143**, 点击回车。

e. 点击**Next**

4). 波端口：微分对

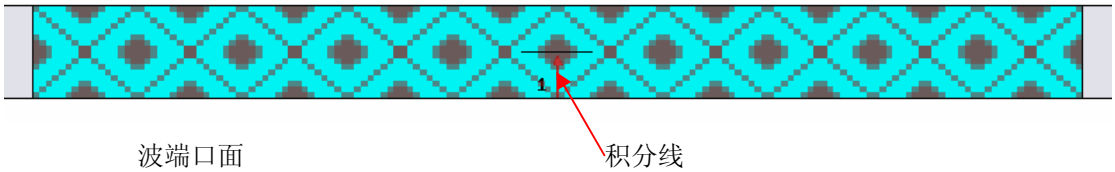
a. 点击**Next**

5). 波端口：后处理

6). 点击**Finish**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

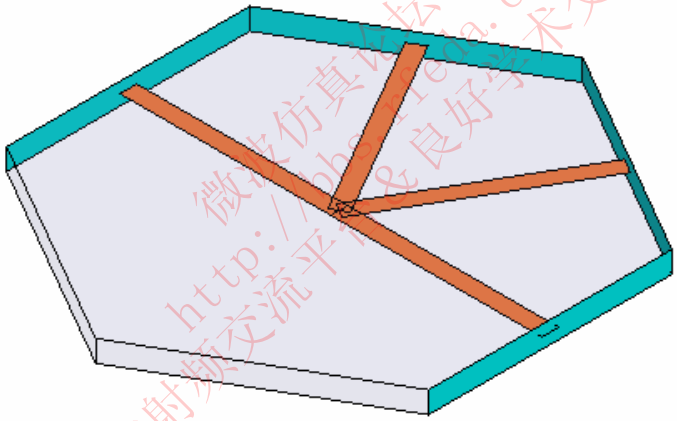
RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



F 6.3.10

七) 创建剩下的导带和波端口

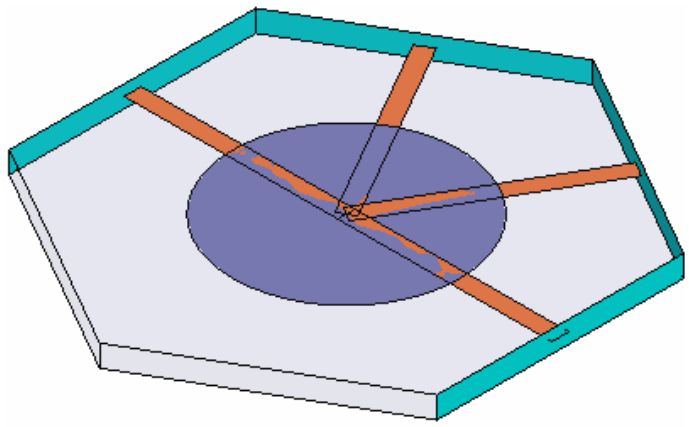
1. 选择物体：
   1). 选择**Edit > Select > By Name**
   2). 选择物体对话框 **Select Object Dialog**
      a. 选择物体的名称：**Trace, Port**
      b. 点击**OK**
2. 复制物体：
   1). 选择***Edit > Duplicate > Around Axis***
   2). 在饶轴窗口复制
      a. 轴：**Z**
      b. 角度：**60deg**
      c. 总数量：**4**
      d. 点击**OK**



F 6.3.11

八) 创建外部环

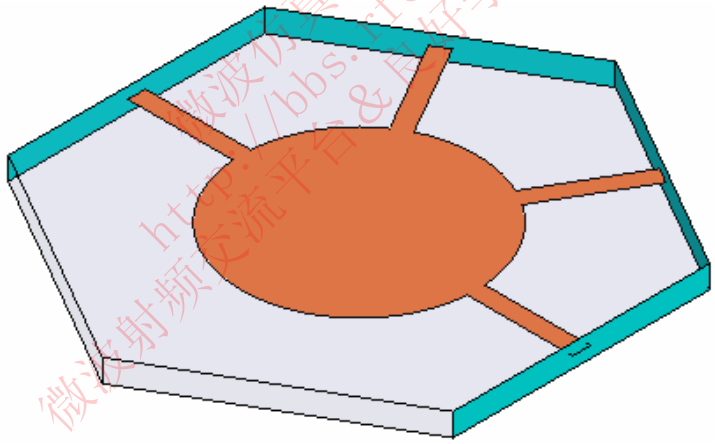
1. 设置网格平面
   1). 选择***3D Modeler > Grid Plane > XY***
2. 创建环路：
   1). 选择***Draw > Circle***
   2). 在坐标输入区输入坐标：**X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0**，点击回车
   3). 在坐标输入区输入半径：**dX: 11.795, dY: 0.0, dZ: 0.0**，点击回车
3. 设置名称：
   1). 从**Properties**窗口选择**Attribute**
   2). 名称类型：**Outer**
   3). 点击**OK**
4. 调整视图：
   1). 选择***View > Fit Drawing***



F 6.3.12

九) 组合导体

1. 组合导体：
   1). 选择**Edit > Select > By Name**
   2). 选择物体对话框
      a. 选择命名为**Trace, Trace_1, Trace_2, Trace_3, Outer**的物体
      b. 点击**OK**
      c. 选择***3D Modeler > Boolean > Unite***
2. 调整视图：
   1). 选择***View > Fit Drawing***



F 6.3.13

十) 创建内部环

1. 创建环路：
   1). 选择***Draw > Circle***
   2). 在坐标输入区输入位置：**X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0**，按回车
   3). 在坐标输入区输入半径：**dX: 10.795, dY: 0.0, dZ: 0.0**，按回车
2. 设置名称：
   1). 从**Properties** 窗口选择**Attribute**。
   2). 名称类型：**Inner**
   3). 点击**OK**
3. 选择物体：
   1). 选择***Edit > Select > By Name***
   2). 选择物体对话框

a. 选择物体： **Trace, Inner**

b. 点击**OK**

3). 选择***3D Modeler > Boolean > Subtract***

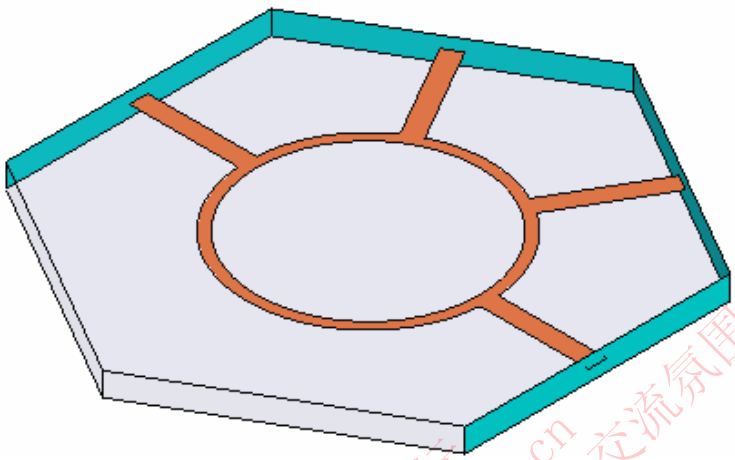
4). 打开减去窗口

a. 被减部分：**Trace**

b. 减去的部分：**Inner**

c. 在减去之前取消勾选**Clone tool objects** ☐Unchecked

d. 点击**OK**



F 6.3.14

4. 调整视图

1). 选择***View > Fit Drawing***或者点击**CTRL+D**键

三. 分析设置

一) 创建一个分析设置

1. 选择***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***
2. 求解设置窗口：

1). 点击**General**:

a. 仿真频率：4.0 GHz

b. Maximum Number of Passes: 20

c. Maximum Delta S: 0.02

2). 点击**OK**

二) 加频率扫描：

1. 选择***HFSS > Analysis Setup > Add Sweep***

1）. 选择仿真设置：**Setup1**

2）. 点击**OK**

2.编辑扫描窗口：

1）. 扫描类型：**Fast**

2）. 频率类型：**Linear Step**

a. Start: **2.0 GHz**

b. Stop: **7.0 GHz**

c. Step: **0.05 GHz**

d. Save Fields: ☑**Checked**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

3）. 点击**OK**

四. 创建结果报告

一) 创建 Terminal S-Parameter 图

1. 注意：如果这个报告在仿真之前或仿真过程中创建的话，一个实时的结果更新将显示。
2. 创建报告：
   1）. 选择***HFSS > Results > Create Report***
   2）. 创建报告窗口：
      a. 报告类型：**Terminal S Parameters**
      b. 显示类型：**Rectangular**
      c. 点击**OK**
   3）. 路径窗口：
      a.仿真设置：**Solution: Setup1: Adaptive1**
      b. 点击X 标记
         1). 取消勾选Use Primary Sweep使用初始扫描：☐Unchecked
         2). 类别：**Variables**
         3). 数量：**Pass**
      c. 点击**Y**标记
         1). 类别：**Terminal S Parameter**
         2). 数量：**St(p1,p1), St(p1,p2), St(p1,p3), St(p1,p4)**
         3). 函数：**dB**
         4). 点击**Add Trace**
   4）. 点击**Done**

二) 创建 Terminal S-Parameter 幅度图

创建报告：

1. 选择***HFSS > Results > Create Report***
2. 创建报告：
   a. 报告类型：**Terminal S Parameters**
   b. 显示类型：**Rectangular**
   c. 点击**OK**
3. 路径窗口：
   a. Solution: **Setup1: Sweep1**
   b. 域：**Sweep**
   c. 点击**Y**标记
      1). 类别：**Terminal S Parameter**
      2). 数量：**St(p1,p1), St(p1,p2), St(p1,p3), St(p1,p4)**
      3). 函数：**dB**
      4). 点击**Add Trace**
   d.点击**Done**

五. 保存工程

一) 保存工程：

1. 在Ansoft HFSS窗口，选择***File > Save As.***
2. 在**Save As**窗口，键入文件名：**hfss_ringhybrid**

3. 点击**Save**按钮

六. 分析

一) **验证模型：**

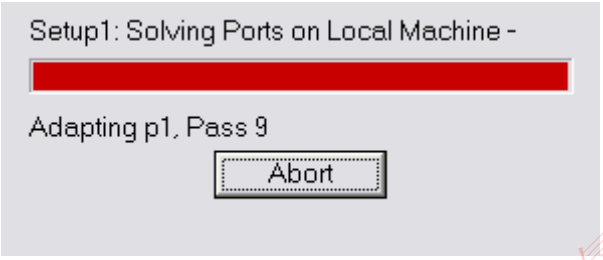
1. 选择***HFSS > Validation Check***
2. 点击**Close**

注意：要查看错误或警告信息，使用信息管理窗口。

二) **分析**

开始仿真过程：

1. 选择**HFSS > Analyze**



F 6.3.15

三) **仿真数据**

1. 查看仿真数据：

1）. 选择***HFSS > Results > Solution Data***

a. 查看外形：

1. 点击**Profile**标记

b. 查看收敛性：

1. 点击**Convergence**标记

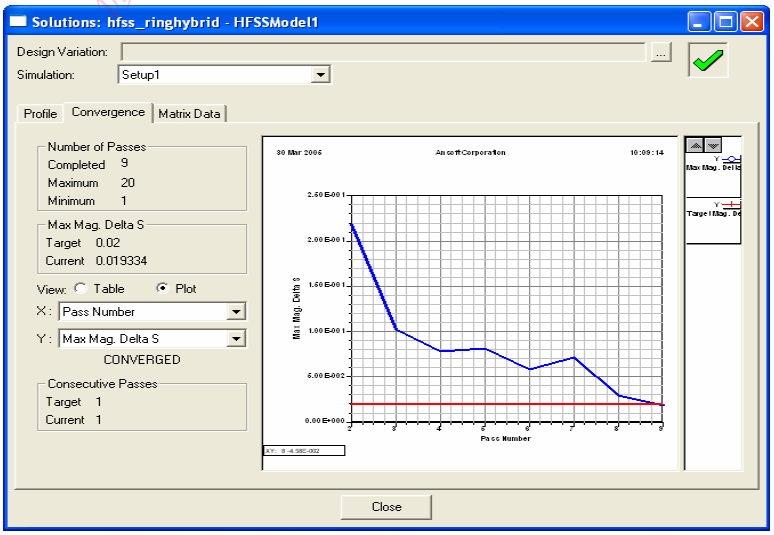
注意：默认的收敛性查看的形式是表格。选择**Plot**查看显示收敛数据的图表。

c. 查看Matrix Data：

1. 点击**Matrix Data**

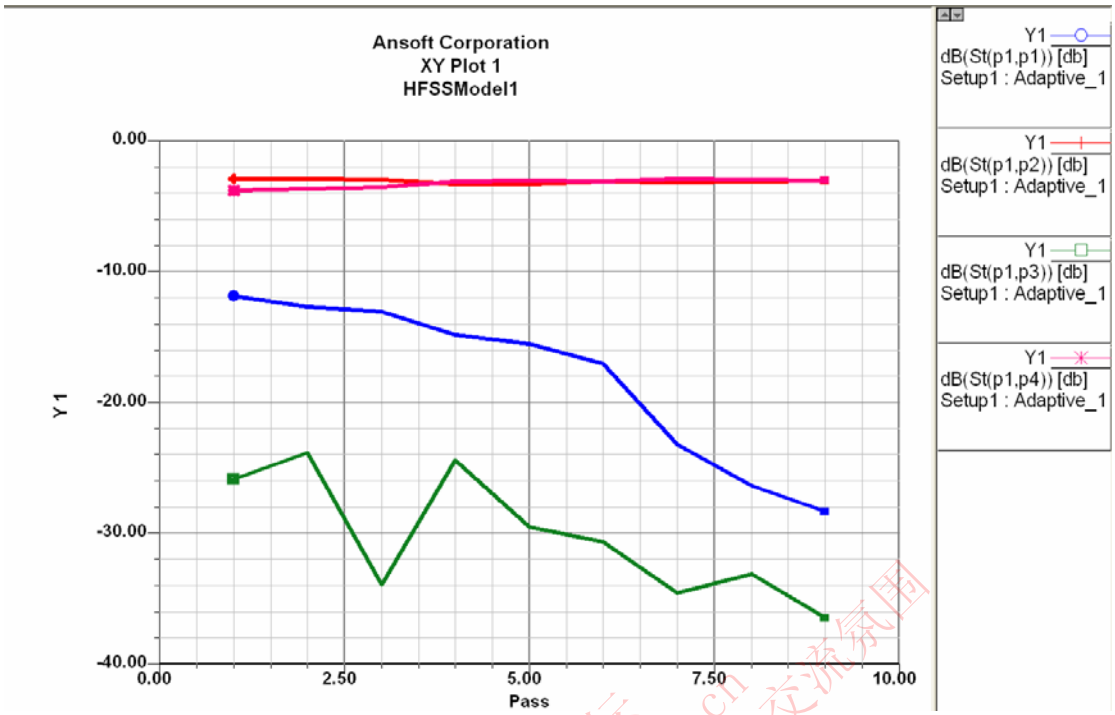
注意：要查看矩阵的实时更新，对Setup1, Last Adaptive进行仿真设置。

2.)点击**Close**按钮



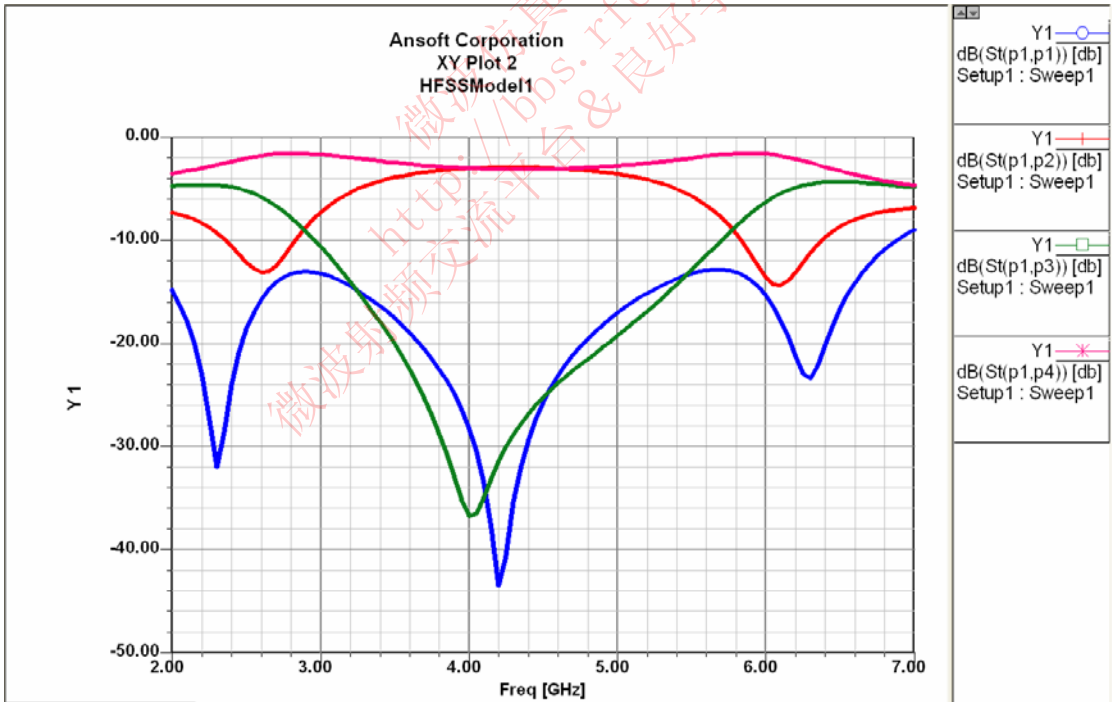
F 6.3.16

Terminal S-Parameter图：



F 6.3.17

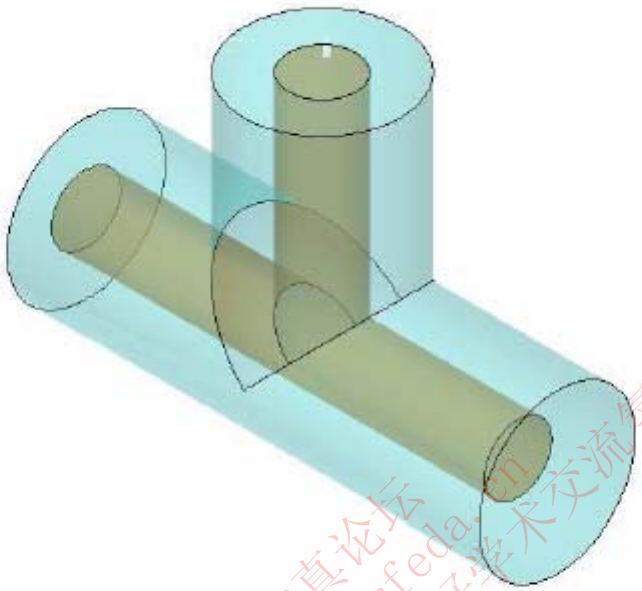
Terminal S-Parameter 幅度图



F 6.3.18

第四节 同轴短线谐振器

这个例子教你如何在HFSS设计环境下创建、仿真、分析一个同轴短线谐振器。



F 6.4.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一． Ansoft HFSS 设置环境

创作这个无源器件模型将用到以下Ansoft HFSS设计环境 的特征。

- **3D立体模型 （3D Solid Modeling）**
  - 初始形状：圆柱 *(Primitives: Cylinders)*
  - 布尔函数：合并 (Boolean: Union)
  - 复制：围绕坐标轴 (Duplicate: Around Axis)
- **边界/激励 （Boundaries/Excitations）**
  - 激励：波端口 (Excitations: Wave Ports)
- **分析 （Analysis）**
  - 扫描：快速 (Sweep: Fast Frequency)
- **优化 （Optimization）**
  - 变量设置 (Parametrics Setup)
  - 优化设置 (Optimetrics Setup)
- **结果 （Results）**
  - 数据：列表形式 （Data: Tabular）
  - 图：笛卡尔形式 （Plotting: Cartesian）

二． 开始实例

一) 启动Ansoft HFSS

1. 点击**开始**按纽，选择**所有程序**，再选择**Ansoft, HFSS 10**程序群，点击**HFSS 10**，来启动Ansoft HFSS。

二) 设置工具选项：

注意：为了进行本实例，把工具选项进行如下设置：

1.选择**Tools > Options > HFSS Options**

2. 打开**HFSS Options** 窗口：
   a. 点击**General**标签
      勾选**Use Wizards for data entry when creating new boundaries**：☑Checked
      勾选**Duplicate boundaries with geometry**：☑Checked
   b.点击**OK**

3. 选择**Tools > Options > 3D Modeler Options.**

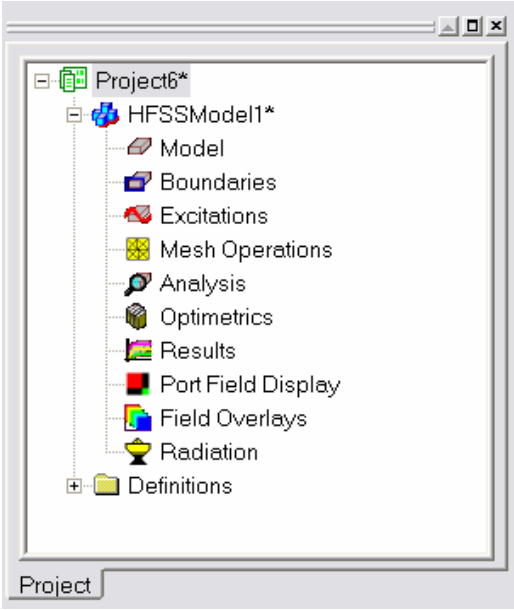
4. 3D Modeler选择窗口：
   a. 点击**Operation**标签
      勾选**Automatically cover closed polylines**：☑Checked
   b. 点击**Drawing**标签
      勾选**Edit property of new primitives**：☑Checked
   c. 点击**OK**

三) 打开一个新工程

打开一个新工程：

1. 在Ansoft HFSS窗口，在标准工具条上点击🗋或者选择**File > New.**
2. 在工程列表中，选择**Insert HFSS Design**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.4.2

四) 设置仿真类型

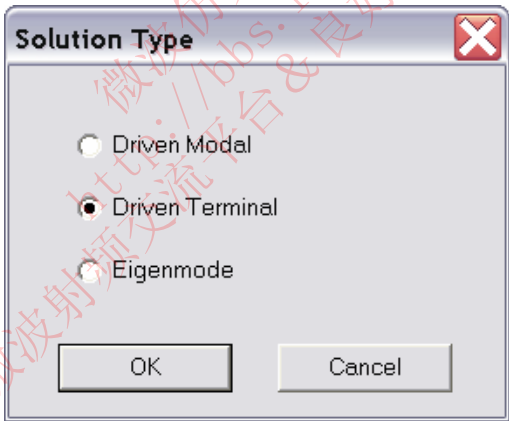
设置仿真类型：

1.选择**HFSS > Solution Type**

2. 打开**Solution Type**窗口：

a.选择**Driven Terminal**

b. 点击**OK**



F 6.4.3

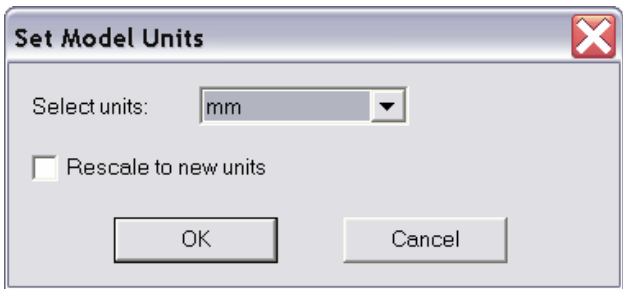
三． 创建 3D 模型

一) 设置模型单位：

1. 选择**3D Modeler > Units**
2. 设置单位：

a.选择单位：**mm**

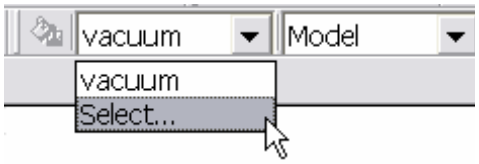
b. 点击**OK**



F 6.4.4

二) 设置缺省材料

1.使用**3D Modeler Materials**工具条，选择**Select**

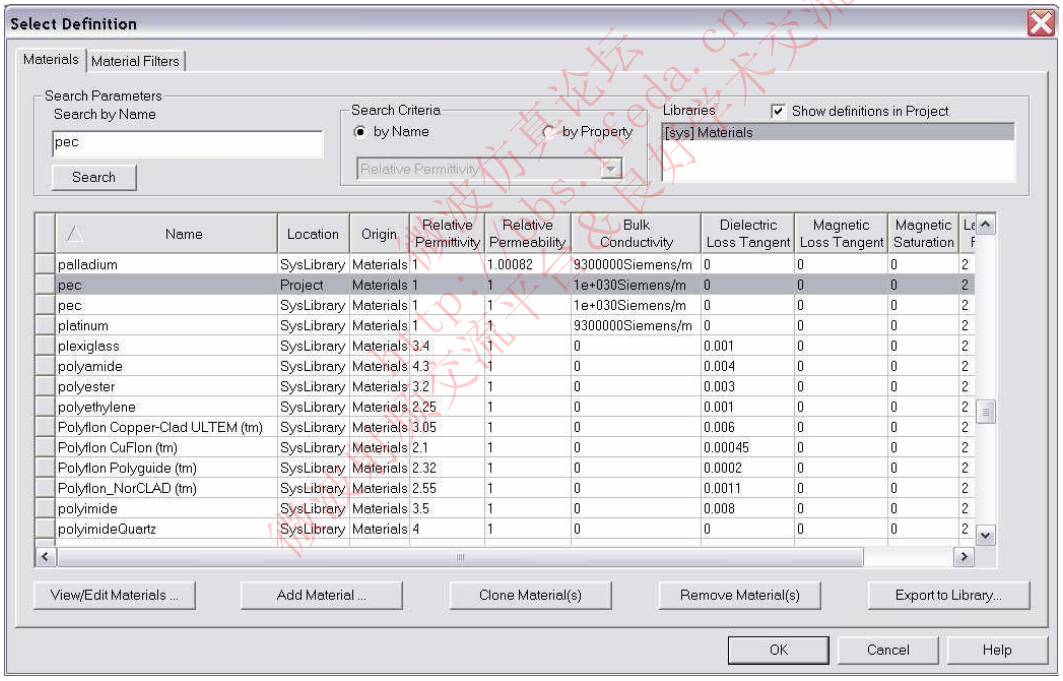


F 6.4.5

2. 选择**Definition**窗口：

a. 在**Search by Name**区域键入**pec**

b. 点击**OK**



Name	Location	Origin	Relative Permittivity	Relative Permeability	Bulk Conductivity	Dielectric Loss Tangent	Magnetic Loss Tangent	Magnetic Saturation	Le
palladium	SysLibrary	Materials	1	1.00082	9300000Siemens/m	0	0	0	2
pec	Project	Materials	1	1	1e+030Siemens/m	0	0	0	2
pec	SysLibrary	Materials	1	1	1e+030Siemens/m	0	0	0	2
platinum	SysLibrary	Materials	1	1	9300000Siemens/m	0	0	0	2
plexiglass	SysLibrary	Materials	3.4	1	0	0.001	0	0	2
polyamide	SysLibrary	Materials	4.3	1	0	0.004	0	0	2
polyester	SysLibrary	Materials	3.2	1	0	0.003	0	0	2
polyethylene	SysLibrary	Materials	2.25	1	0	0.001	0	0	2
Polyflon Copper-Clad ULTEM (tm)	SysLibrary	Materials	3.05	1	0	0.006	0	0	2
Polyflon CuFlon (tm)	SysLibrary	Materials	2.1	1	0	0.00045	0	0	2
Polyflon Polyguide (tm)	SysLibrary	Materials	2.32	1	0	0.0002	0	0	2
Polyflon_NorCLAD (tm)	SysLibrary	Materials	2.55	1	0	0.0011	0	0	2
polyimide	SysLibrary	Materials	3.5	1	0	0.008	0	0	2
polyimideQuartz	SysLibrary	Materials	4	1	0	0	0	0	2

F 6.4.6

三) 设置坐标平面：

1. 选择**3D Modeler > Grid Plane > XZ**

四) 创建导体1：

1.选择**Draw > Cylinder**

2. 在坐标输入区键入圆柱初始位置：X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，点击回车

3. 在坐标输入区键入半径：dX: 0.86, dY: 0.0, dZ: 0.0,，按回车

4. 在坐标输入区键入高度：dX: 0.0, dY: -6.0, dZ: 0.0，按回车

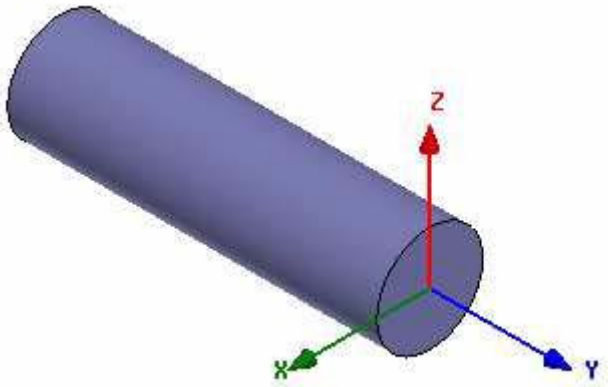
五) 设置名称：

1.从**Properties**窗口选择**Attribute**标签

2. 名称类型：**Conductor**
3. 点击**OK**

六) 调整视图：

1. 选择**View > Fit All > Active View**或者按**CTRL+D**键。



F 6.4.7

七) 创建短线

创建短线：

1. 选择**Draw > Cylinder**
2. 在坐标输入区键入圆柱位置：X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按回车
3. 在坐标输入区键入半径：dX: 0.86, dY: 0.0, dZ: 0.0，按回车

4.在坐标输入区键入高度：dX: 0.0, dY: 4.75, dZ: 0.0，按回车

物体参数化：

1.从**Properties** 窗口选择**Command**标签

2.对高度键入：L，点击Tab键确认参数

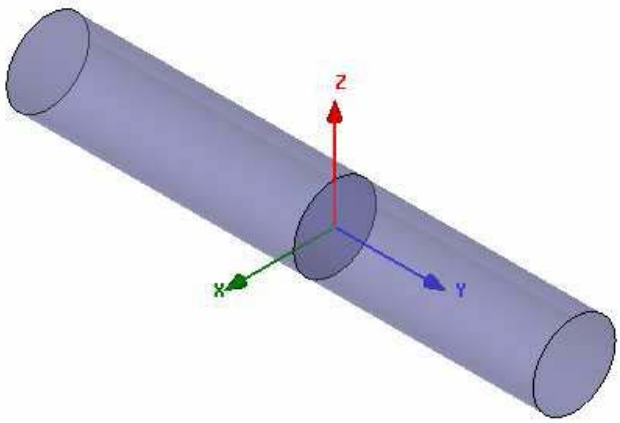
添加变量L：4.75mm，点击OK

名称设置：

1. 从**Properties**窗口选择**Attribute**标签
2. 名称类型：Stub 短线
3. 点击**OK**

调整视图：

1. 选择**View > Fit All > Active View.**



F 6.4.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 电磁学术交流氛围

八) 设置缺省材料

设置缺省材料：

1. 使用3D Modeler Materials工具条，选择**vacuum**

F 6.4.9

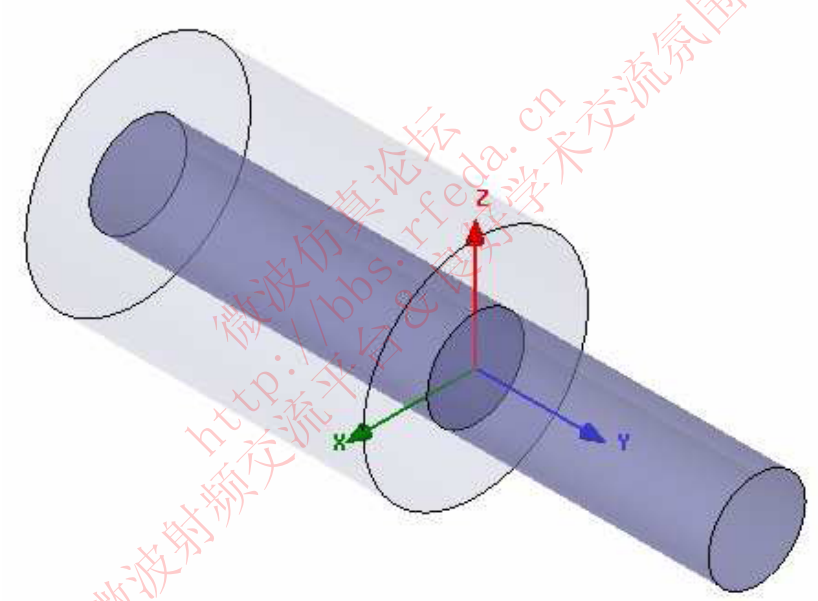
九) 创建元件Body

创建元件body：

1. 选择菜单项**Draw > Cylinder**
2. 在坐标输入区键入圆柱位置：X：0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按回车
3. 在坐标输入区键入半径：dX: 2.0, dY: 0.0, dZ: 0.0，按回车
4. 键入高度：dX: 0.0, dY: -6.0, dZ: 0.0，按回车

名称设置

1. 从**Properties**窗口选择**Attribute**标签.
2. 命名为：Body
3. 点击**OK**



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 专业学术交流氛围

F 6.4.10

十) 创建波端口激励1

注意：为了简化结构，将创建一个2维的物体来代表端口。这并不是定义端口的必须要求。绘图面选择框可以用来选择绘图坐标面。

画一个圆来作为端口：

1. 选择**Draw > Circle**
2. 在坐标输入区键入圆心位置：X: 0.0, Y: -6.0, Z: 0.0，按回车
3. 键入圆半径：dX: 2.0, dY: 0.0, dZ: 0.0，按回车

名称设置：

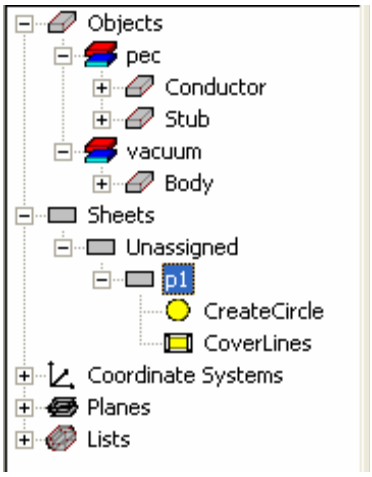
1. 从**Properties** 窗口选择**Attribute**标签
2. 命名为：p1
3. 点击**OK**

选择物体p1：

1. 选择菜单项**Edit > Select > By Name**

2. 打开物体对话框
   a 选择物体p1
   b. 点击**OK**

注意：也可以从模型树上选择物体。



F 6.4.11

十一) 添加波端口激励

1.选择**HFSS > Excitations > Assign > Wave Port**

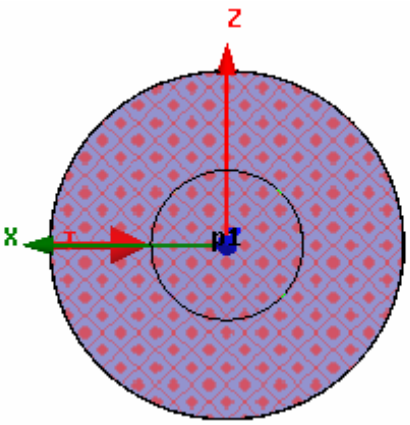
2. 打开波端口设置的**General**标签
   a命名为：p1
   b. 点击**Next**

3. 设置端口积分线Terminals
   a. 积分线数量：1
   b.点击**Undefined column**选择**New Line**
   c. 在坐标键入区键入矢量起始位置：X: 2.0, Y: -6.0, Z: 0.0，按回车
   d.键入长度：dX: -1.14, dY: 0.0, dZ: 0.0，按回车
   e. 点击**Next**

4. 定义积分对：**Differential Pairs**
   a. 点击**Next**

5.阻抗：**Post Processing**
   a. 端口阻抗：50

6. 点击**Finish**完成



F 6.4.12

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

十二) 创建端口2 Arm

选择导体Body，Conductor和p1

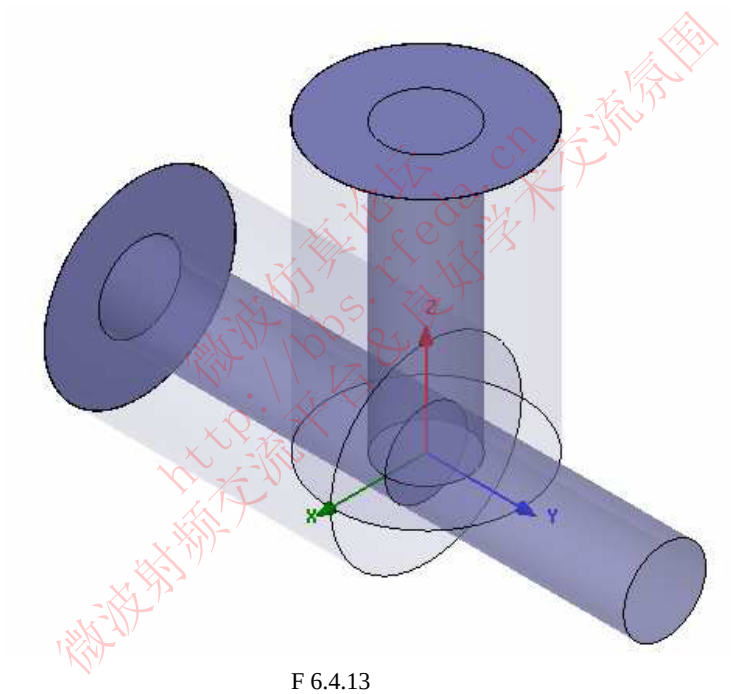
1. 选择**Edit > Select > By Name**
2. 打开物体对话框
   a 选择名称为Body, Conductor和p1的物体
   注意：按住**Ctrl**可以选择多个物体
   b. 点击**OK**

创建端口2 arm：

1. 选择**Edit > Duplicate > Around Axis.**
   a. 轴：**X**
   b. Angle: -90 角度：-90
   c. Total Number: 2 总数量：2
   d. 点击**OK**

调整视图：

1. 选择**View > Fit All > Active View.**



F 6.4.13

十三) 创建短线形状

选择物体：

1. 选择**Edit > Select > By Name**
2. 打开物体对话框
   a. 选择命名为Body的物体
   b. 点击**OK**

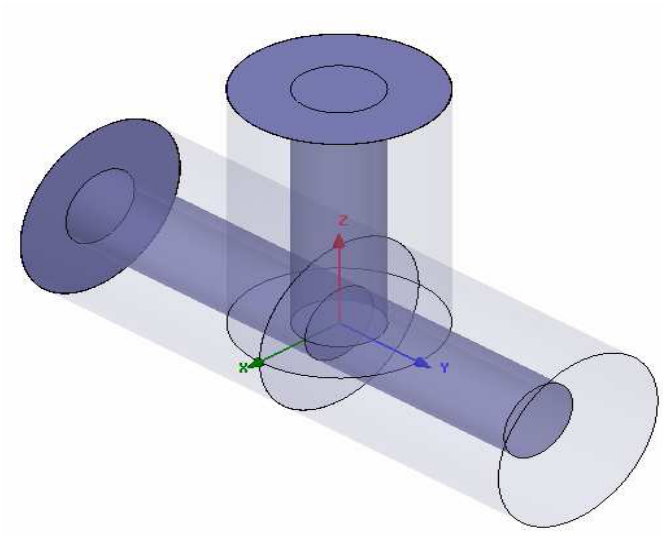
创建短线体：

1. 选择**Edit > Duplicate > Around Axis.**
   a. Axis: X 轴：X
   b. Angle: 180 角度：180
   c. Total Number: 2 总数量：2
   d. 点击**OK**

调整视图：

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

1.选择**View > Fit All > Active View**



F 6.4.14

十四) 聚合物体

选择物体Body, Body_1, Body_2：

1. 选择**Edit > Select > By Name**
2. 打开物体对话框：
   1. 选择命名为Body, Body_1, Body_2的物体
   2. 点击**OK**
   3.选择**3D Modeler > Boolean > Unite**

调整视图：

1. 选择**View > Fit All > Active View**.

聚合导体和短线

选择Conductor, Conductor_1和Stub

1.选择**Edit > Select > By Name**

2. 打开对话框
   1. 选择命名为Conductor, Conductor_1, Stub的物体
   2. 点击**OK**
   3. 选择**3D Modeler > Boolean > Unite**

调整视图：

1. **View > Fit All > Active View.**

十五) 边界显示

改变边界设置：

1.选择**HFSS > Boundary Display**

2. 从边界的解决视图把要显示的边界的可见校对盒子选定。

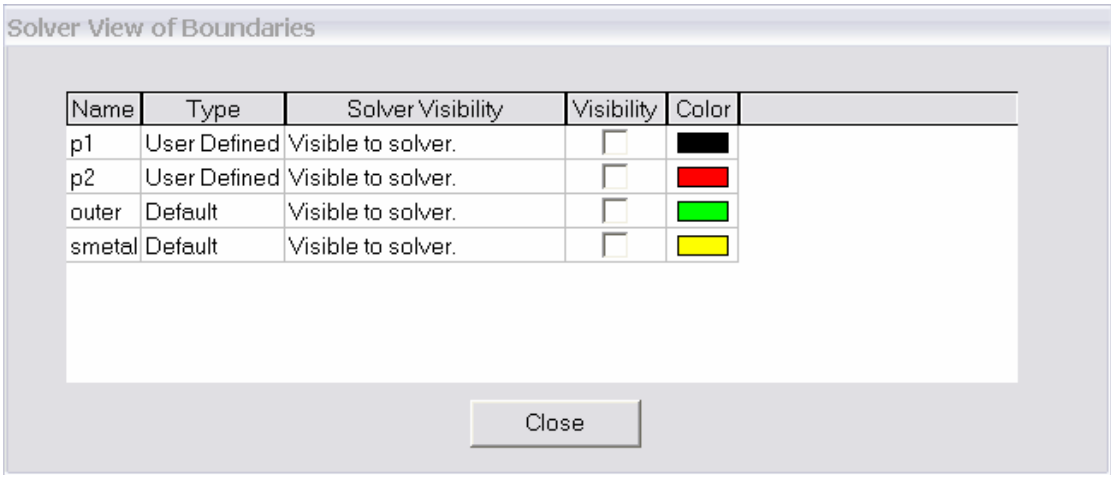
注意：背景(Perfect Conductor)显示为外部边界。

注意：Perfect Conductors 显示为金属边界。

注意：选择View > Visibility来隐藏所有的几何物体。这样比较容易看见边界。

1. 完成时点击**Close**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.4.15

十六) 网格操作

选择物体

1. 选择**Edit > Select > By Name**
2. 打开对话框
   a. 选择物体：Body
   b. 点击**OK**

创建网格操作：

1. 选择**HFSS > Mesh Operations > Assign > Inside Selection > Length based**
2. 元件长度窗口：

   a. Name：Body_Mesh

   b.不勾选Restrict Length of Elements：☐Unchecked

3.勾选Restrict the Number of Elements：☑Checked

   a. Maximum Number of Elements：2000

4.点击**OK**

四． 分析设置

一) 创建一个分析设置：

1.选择**HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup**

2. 打开仿真设置窗口：
   a. 点击**General**标签

      Solution Frequency: 13.0 GHz

      Maximum Number of Passes: 10

      Maximum Delta S: 0.02

   b. 点击**OK**

二) 添加频率扫描

添加扫描：

1. 选择**HFSS > Analysis Setup > Add Sweep**
   a. 选择仿真设置：Setup1
   b. 点击**OK**
2. 编辑扫描窗口，设置如下：

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

a. Sweep Type: Fast

b. Frequency Setup Type: Linear Step

Start: 5.0 GHz

Stop: 20.0 GHz

Step: 0.01 GHz

勾选Save Fields：☑Checked

3. 点击**OK**

五． 创建 Terminal S-Parameter 幅度图

一) 创建报告：

1. 选择**HFSS > Results > Create Report**

2.打开创建报告窗口：

a. Report Type: Terminal S Parameters 报告类型：S参数

b. Display Type: Rectangular Plot 显示类型：矩形图

c. 点击**OK**

3.路径窗口：

a. Solution（仿真）：Setup1: Sweep1

b. Domain（域）: Sweep

c. 点击**Y**标签

1). Category（类型）： Terminal S Parameter

2). Quantity: St(p1,p1), St(p1,p2),

3). Function: dB

4). 点击**Add Trace**

4. 点击**Done**

六． 保存工程

一) 保存工程：

1. 在Ansoft HFSS窗口，选择**File > Save As**.
2. 在**Save As**窗口，键入文件名：hfss_stub_resonator
3. 点击**Save**

七． 分析

一) 确认模型正确性：

1. 选择**HFSS > Validation Check**
2. 点击**Close**

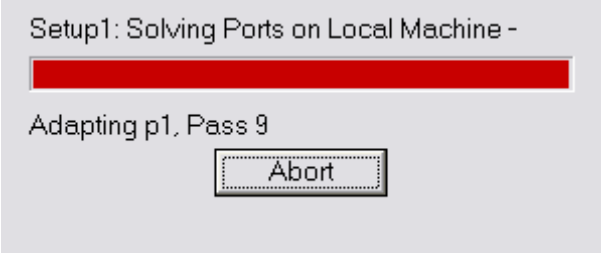
注意：用信息管理器查看错误和警告信息。

二) 进行分析

开始仿真进程：

1. 选择**HFSS > Analyze**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.4.16

三) 仿真数据

查看仿真数据：

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

查看Profile：

1. 点击**Profile**标签

查看Convergence：

1. 点击**Convergence**标签

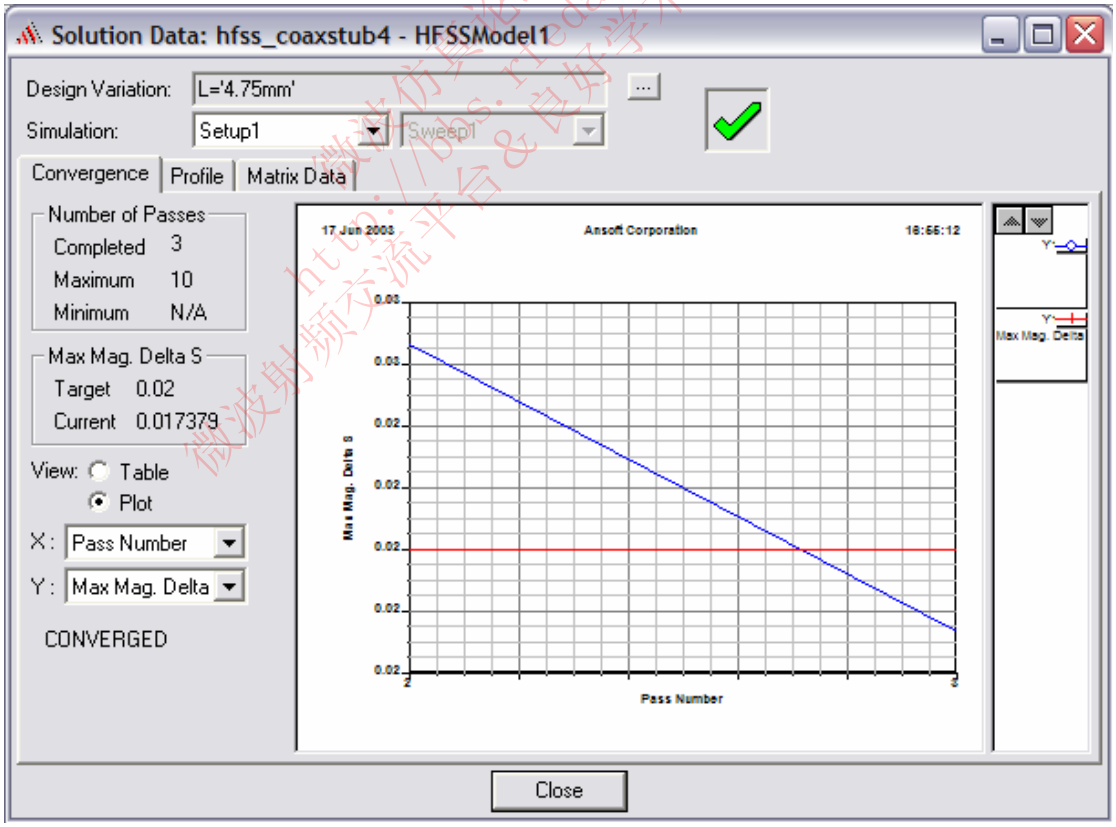
注意：默认的收敛性查看是表格的形式。选择Plot比率按纽查看收敛性的数据。

查看Matrix Data：

1.点击**Matrix Data**标签

注意：要查看Matrix Data的实时更新，设置仿真为**Setup1, Last Adaptive**

2. 点击**Close**



F 6.4.17

八 . 数据处理

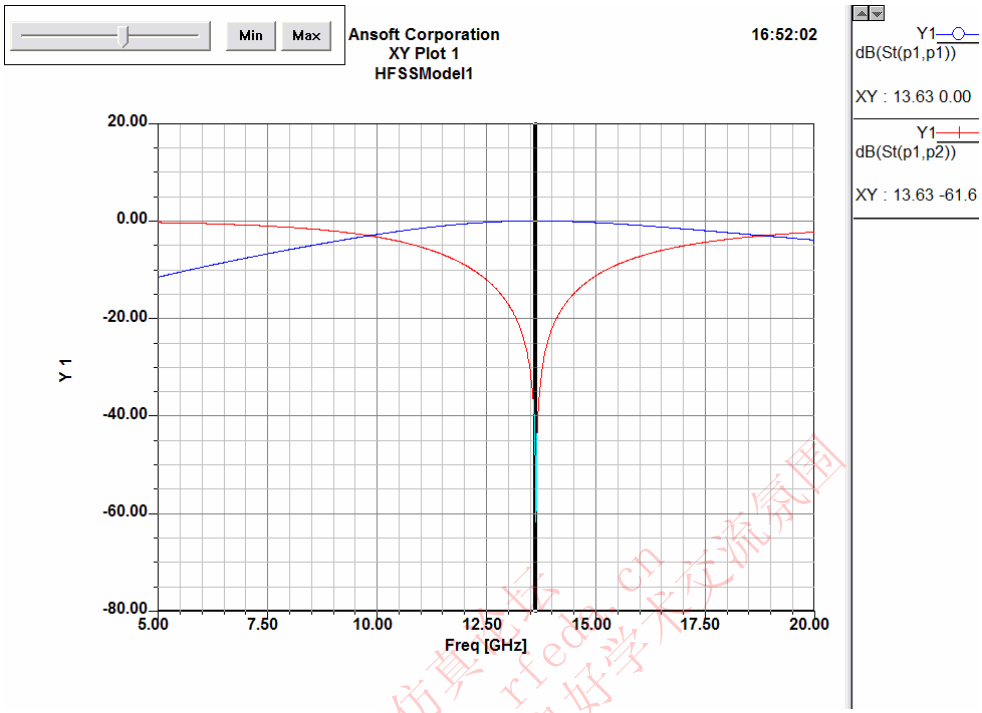
我们在仿真之前创建的图表将在分析结束是被自动更新。XY坐标图将会被即时显示。如果不是这样，选择**Window > XY Plot1**来改变图形显示

一) 标记所有路径

1.选择**Report 2D > Mark All Traces**

2. 点击**Min**

3.当结束时，选择**Report 2D > Mark All Traces**来移动这些标记。



F 6.4.18

二) 优化设置-参数扫描

在设计一个微波器件的时候，通常在基于扫描参数的基础上设计。带有优化扫描参数的Ansoft HFSS可以自动的创建设计的指标曲线。

添加一个参数扫描

1.选择**HFSS > Optimetrics Analysis > Add Parametric**

2. 打开设置扫描分析窗口：

a.点击**Sweep Definitions**标签：

1).点击**Add**按纽

2). 设置**Add/Edit sweep**扫描对话框

1]. 选择变量：L

2]. 选择Linear Count

3]. Start: 4.0mm

4]. Stop: 5.5mm

5]. Count: 5

6].点击**Add**按纽

7].点击**OK**按纽

b.点击**Options**标签

1).勾选**Save Fields and Mesh**：☑Checked

3.点击**OK**

三) 分析参数扫描

开始仿真进程：

1. 展开工程树显示**Optimetrics**列表下的项，
2. 在**ParametricSetup1**上点击鼠标右键选择**Analyze**

九 . 优化结果

一) 查看优化结果：

1.选择**HFSS > Optimetrics Analysis > Optimetrics Results**

2.选择**Profile**标签查看每一个设置的仿真进程。

3.查看完结果点击**Close**关闭窗口。

创建Terminal S-Parameter图 – （在每一个L值处的S12值）

创建报告：

1.选择**HFSS > Results > Create Report**

2.打开**Create Report**窗口：

a. Report Type: Terminal S Parameters 报告类型：S参数

b. Display Type: Rectangular Plot 显示类型：矩形图

c.点击**OK**

3.路径窗口：

a. Solution: Setup1: Sweep1

b. Domain: Sweep

c.点击**Sweeps**标签

1).选择**Sweep Design and Project variable values**

d.点击**Y**标签

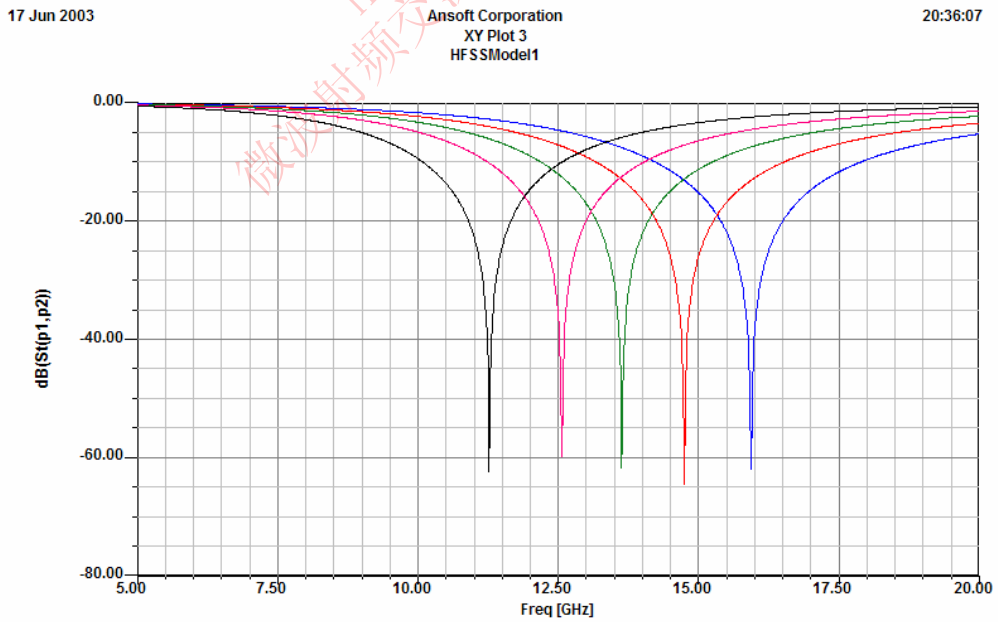
1). Category: Terminal S Parameter

2). Quantity: St(p1,p2)

3). Function: dB

4). 点击**Add Trace**

5).点击**Done**



F 6.4.19

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二) 优化设置

参数扫描对于普通设计的曲线很有用。对于这个普通的只有一个变量的设计我们可以用曲线图来对没有包含在参数扫描中的优化指标进行一个估算。Ansoft HFSS和Optimization从已知的优化结果得出估算结果。为了显示这点我们将设在13GHz时S12有最小值。因为这个设计的频率很高，我们假设在13GHz时<= -40dB为最小值。在参数扫描中，我们可以看到计算范围可以被缩小到4.7-5.1mm 。因为我们只对得到在13GHz 时的结果感兴趣，我们将添加一个不包含频率扫描的仿真设置。这将减少得到目标值所需要的仿真时间。.

添加Analysis Setup

创建analysis setup：

1.选择**HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup**

2.打开**Solution Setup**窗口：

a.点击**General**标签：

Solution Frequency: 13.0 GHz

Maximum Number of Passes: 10

Maximum Delta S per Pass: 0.02

b.点击**OK**

定义**Optimization Design Variables**

1. 选择**HFSS > Design Properties**

2. 点击**Optimization radio**按纽：

a. Name:：L

b. Include：☑Checked

c. Min：4.0 mm

d. Max：5.5 mm

3.点击**OK**

添加Optimization Setup

1.选择**HFSS > Optimetrics Analysis > Add Optimization**

2.打开优化设置窗口：

a.点击**Goals**标签：

1). Optimizer: Quasi-Newton

2). Max. No. of Iterations: 10

3).点击**Add**

40.在**Solution Column**上，点击**Setup1:Last Adaptive**并且从**solutions**的列表中选择**Setup2:LastAdaptive**

5).点击**Edit Calculation**

6).设置Output Variables对话框：

1]. Category: Terminal S Parameter

2]. Quantity: St(p1,p2)

3]. Function: mag

4].点击**Insert Quantity Into Expression**

5]. Name: s21_mag

6].点击**Add**

7].点击**Done**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

7). Condition: <=

8). Goal: 0.01

9). Weight:1

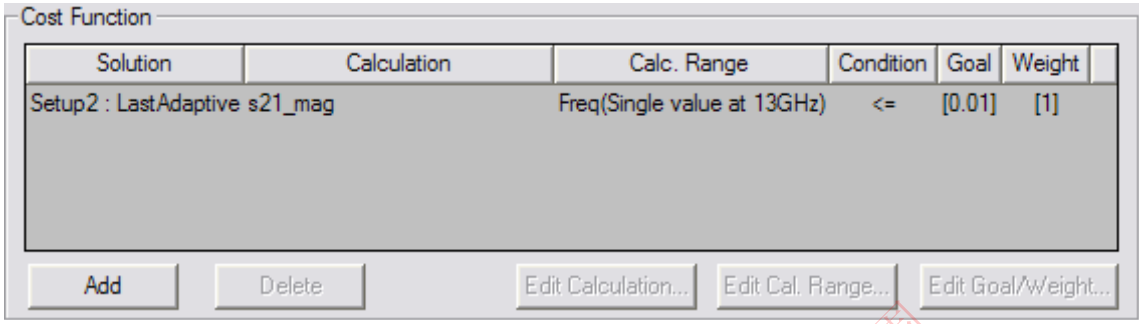
10). Acceptable Cost: 0

11).点击**Variables**标签：

1]. Min: 4.7 mm

2]. Max: 5.1mm

12).点击**OK**



F 6.4.20

三) 优化分析

开始仿真进程：

1.展开工程树显示在**Optimetrics**下的项

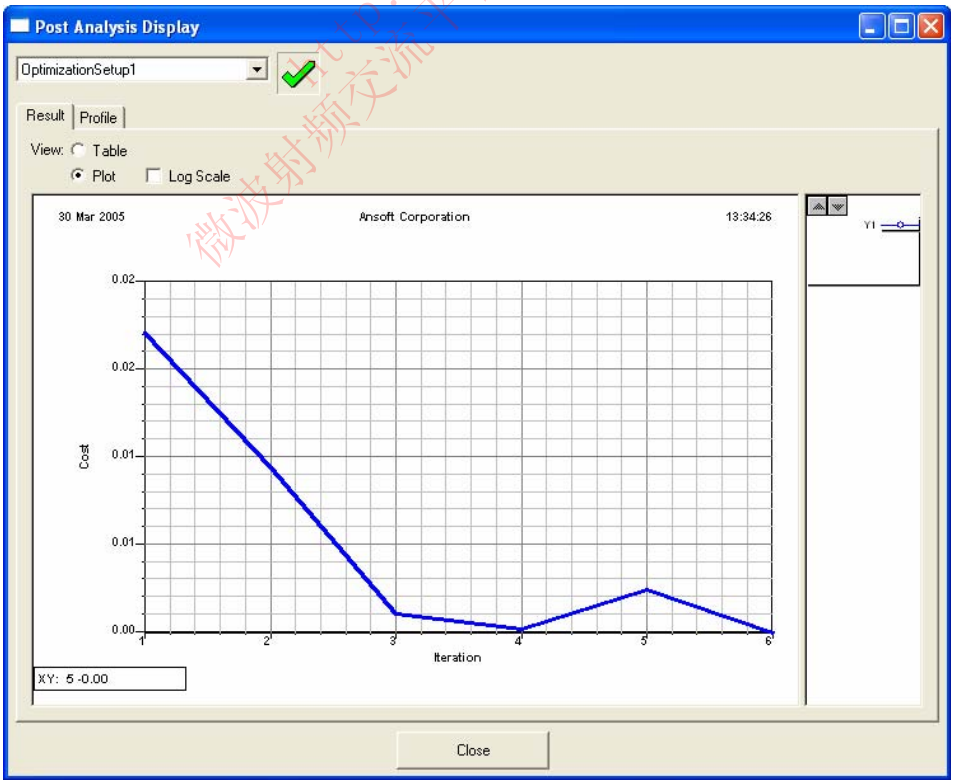
2. 右键点击**OptimizationSetup1**选择**Analyze**

优化结果显示

四) 查看优化结果：

1.选择**HFSS > Optimetrics Analysis > Optimetrics Results**

2.当完成查看时点击**Close**按纽



F 6.4.21

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

创建结果的**Terminal S-Parameter**图

当优化结束时，设计将自动被更新为优化的值。要查看设计相对于频率的性能要求我们用合适的设计初值分析HFSS工程。

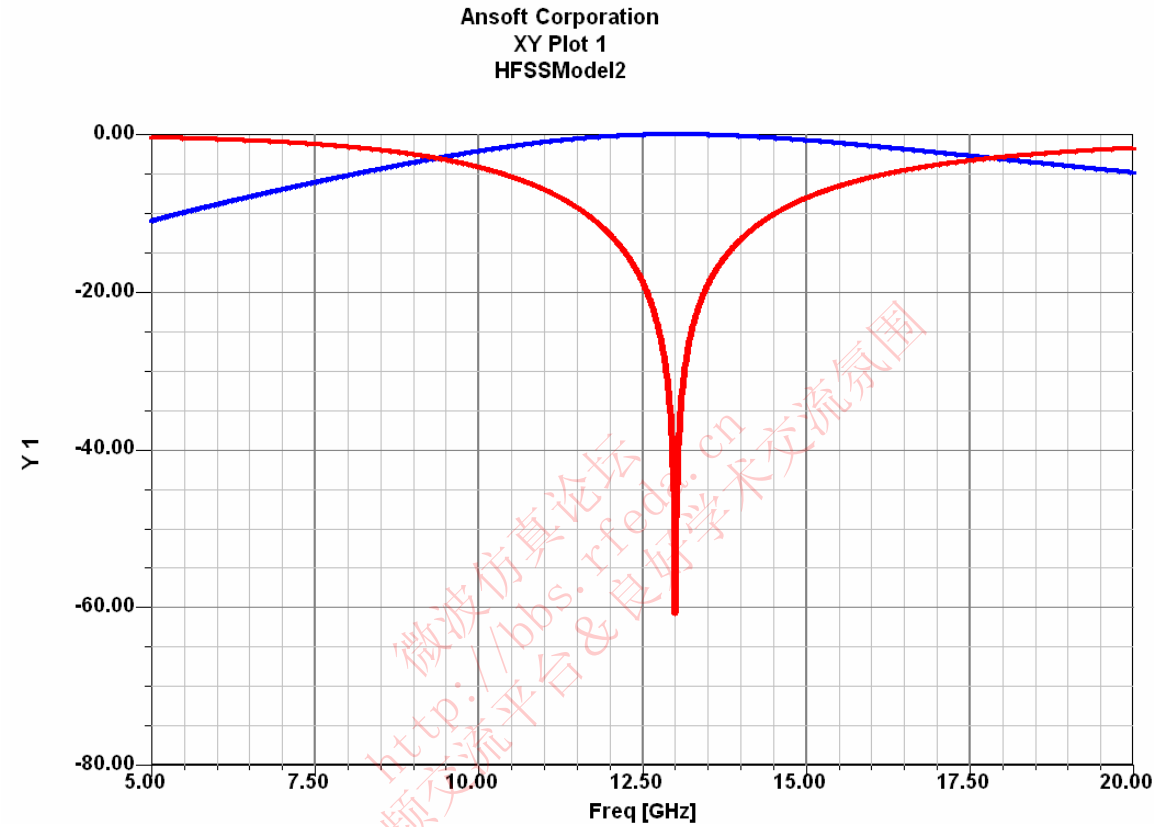
分析最优设计

1. 选择**HFSS > Analyze**

查看图表

现有的**XY Plot 1**将在仿真结束时被自动更新。

要改变**XY Plot 1**窗口，选择Window > **XY Plot1**

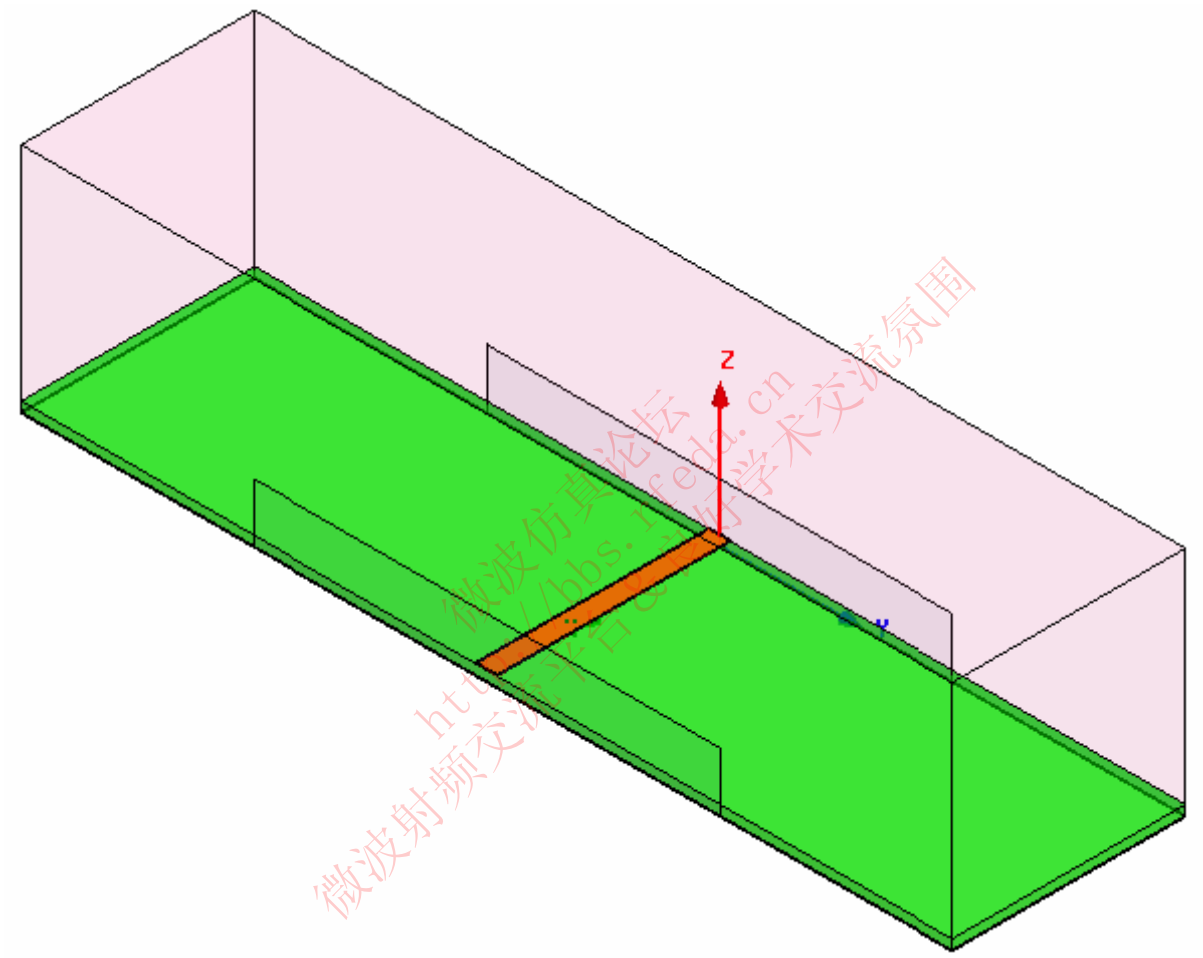


F 6.4.22

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第五节 微波端口

该例子是为了说明在**Ansoft HFSS V10** 设计环境中波端口的尺寸对仿真结果的影响。



F 6.5.1

一． Ansoft设计环境

以下介绍的**Ansoft HFSS Design Environment**的一些特性将用在创建这个无源器件模型

一）3维立体建模（**3D Solid Modeling**）

- 原始模型（Primitives）: **Boxes, Rectangle**
- 布尔运算（Boolean Operations）: Duplicate Along Line

二）边界和激励（Boundary/Excitation）

- 端口（Ports）: Wave Ports and Integration Lines

三）分析（Analysis）

- 解（Solution）: Ports Only
- 扫频（Sweep）: Interpolating(插值)

四）结果（Results）

- Cartesian plotting（笛卡尔坐标图）

五）场图（Fields Overlays）

- Port Field Display (端口场显示)

二． 开始

一）运行 **Ansoft HFSS**

1. 要打开 Ansoft HFSS，点击“**开始**”键，选择“**所有程序**”栏并选择 **Ansoft>HFSS 10**。点击 **HFSS 10**

二）设置工具选项

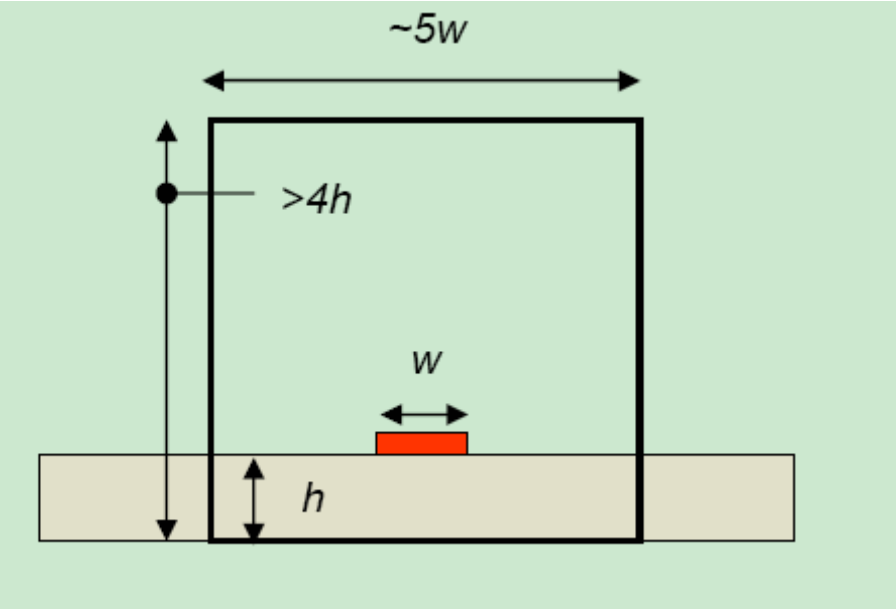
说明：为了实现该例子所概述的步骤，检查以下工具选项是否被设置：

1. 选择菜单栏选项工具（***Tools***）>选项（***Options***）>HFSS 选项（***HFSS Options***）
2. HFSS 选项（***HFSS Options***）窗口：
   1) 点击通用（**General**）标签
      a. Use Wizards for data entry when creating new boundaries：**选中**
      b. Duplicate boundaries with geometry：**选中**
   2) 点击 **OK** 按键
3. 选择菜单栏选项工具（***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
      Automatically cover closed polylines：**选中**
   2) 点击画图（**Drawing**）标签
      Edit property of new primitives：**选中**
   3) 点击 **OK**

三）设计回顾

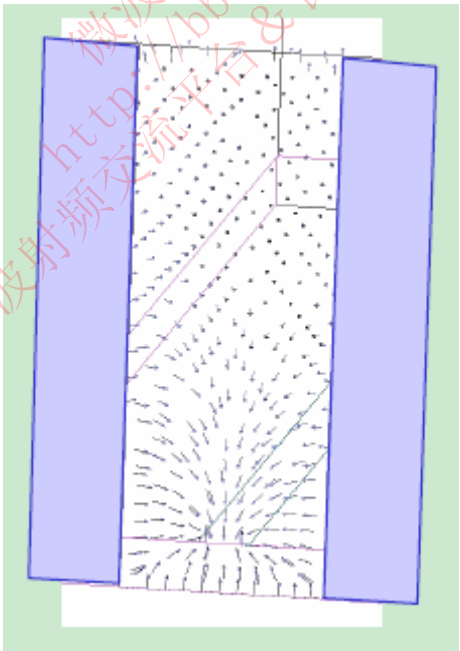
1. 一般来说，将一个端口设成是微带线或是其他传输准TEM的线时，我们需要一个区域将实际的传输线的周围包围起来。关键问题就是：“这个区域该是多大呢？”
2. 下图是微带线交界处的一些标号的约定

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.5.2

3. 作为一种经验性的做法，仿真时我们通常为这种类型的结构创建一个2维的矩形来代表波端口。矩形的尺寸大约是传输线的5倍宽，衬底的4倍高（见上图）
4. **谨记**：这些只是大概指导
5. 端口的设高度取决于衬底的介电常数。介电常数越高，能量泄漏得越少，端口高度就可以设得低一点。
6. 端口设的宽度会影响端口的阻抗和高次模。宽度越窄，越多的场能量会耦合到端口的旁壁上（如下图所示）。该效果可能并非实际情况。宽度越宽，越有可能传播更高次的模。

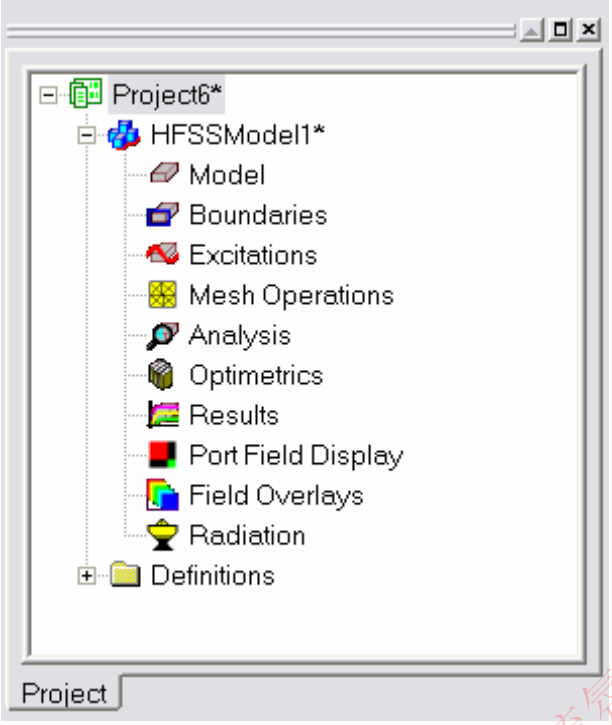


F 6.5.3

四）打开一个新的工程

新建一个工程：

1. Ansoft HFSS窗口中，在标准工具栏点击，或者选择菜单栏选项文件（***File***）>新建（***New***）
2. 在工程（***Project***）菜单下选择插入HFSS设计（***Insert HFSS Design***）

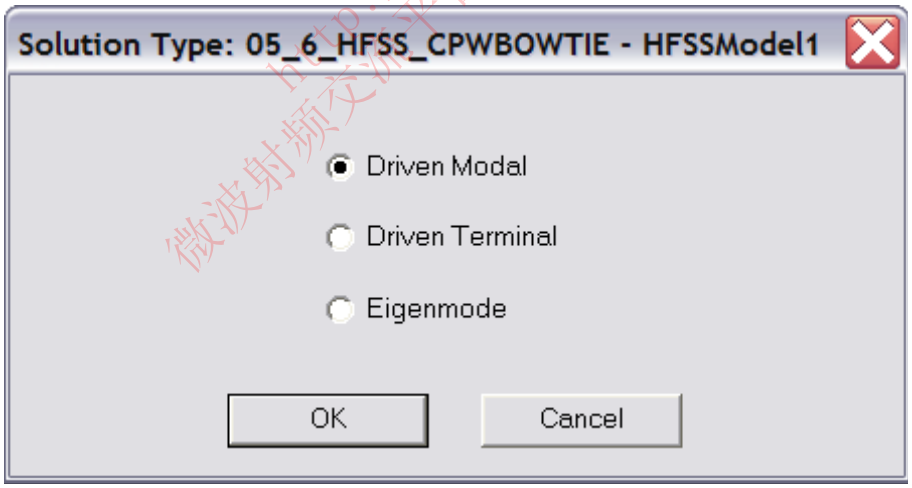


F 6.5.4

五）设置求解类型

设置求解类型：

1. 选择菜单栏选项***HFSS***>求解类型（***Solution Type***）
2. 求解类型（***Solution Type***）窗口：
   1）选择模式驱动（**Driven Modal**）
   2）点击**OK**按键



F 6.5.5

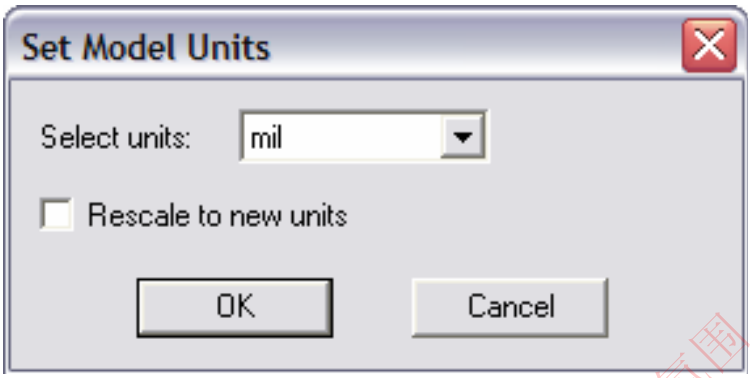
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三． 建立3D模型

一) 设置模型单位

设置单位：

1. 选择菜单栏选项 3D 模型（***3D Modeler***）>单位（***Units***）
2. 设置模型单位：
   1） 选择单位：**mil**
   2） 点击 **OK** 按键

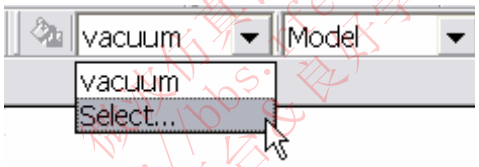


F 6.5.6

二) 添加新材料

设置默认材料：

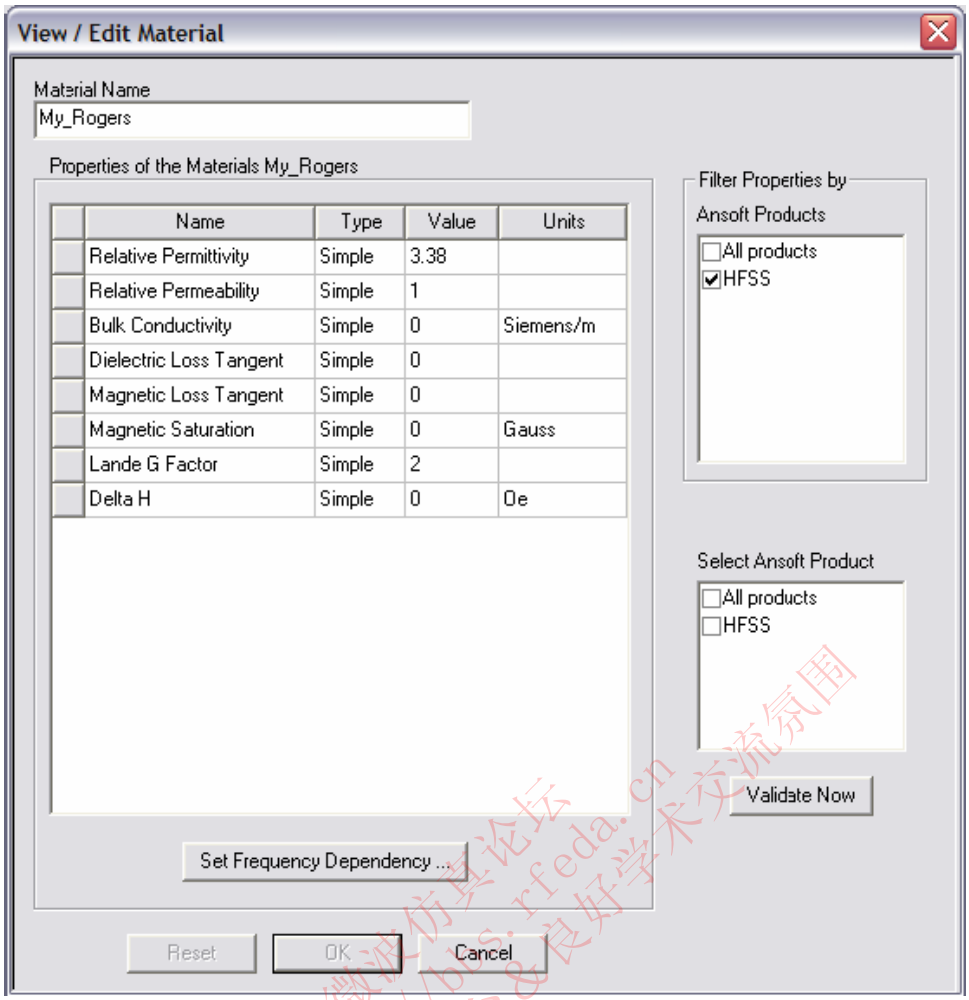
1. 使用3D模型材料工具栏，选择**Select**



F 6.5.7

2. 选择定义（**Select Definition**）窗口，点击**Add Material**按钮。
3. 查看/编辑材料（**View/Edit Material**）窗口
   1）Material Name: **My_Rogers**
   2）Relative Permittivity: **3.38**
   3）点击**OK**按钮
4. 点击**OK**按键

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流合作 良好学术交流氛围



F 6.5.8

三) 创建衬底

创建衬底：

1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>长方体（***Box***）
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置
   X: **0.0**, Y: **-400.0**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入长方体底面对角点的相对值
   dX: **200.0**, dY: **800.0**, dZ: **8.0**，点击确定（**Enter**）键

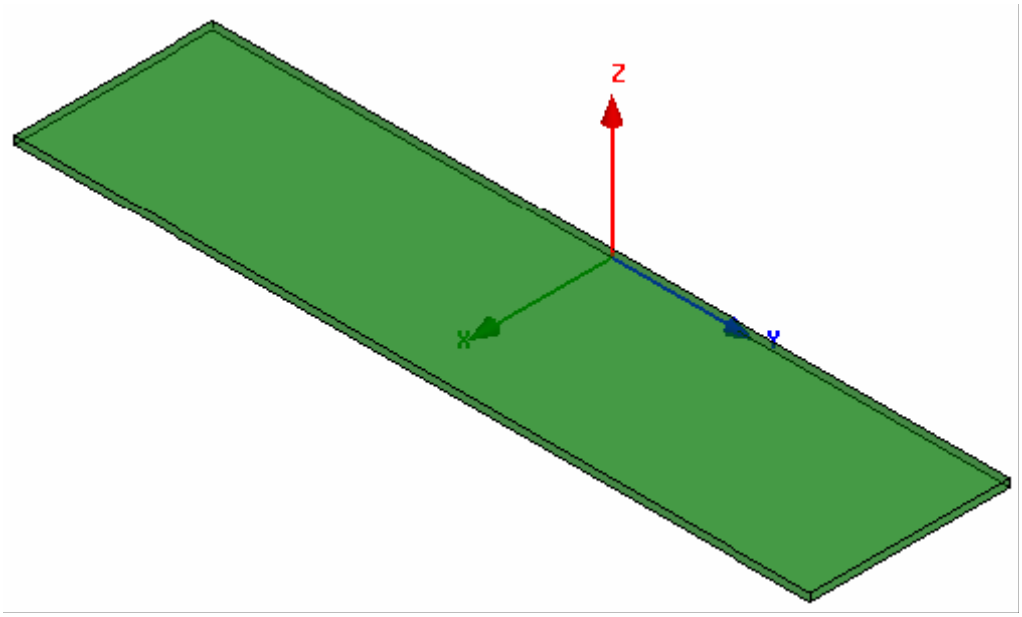
确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Substrate**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录视角（***View***）>全屏视角（***Fit All***）>激活视角（***Active view***）或者按 **CTRL+D** 键

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

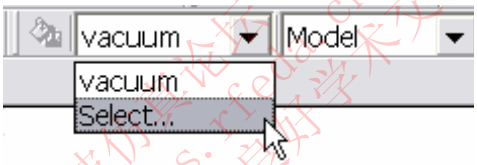


F 6.5.9

四) 设置默认材料

设置默认材料：

1. 使用3D模型材料工具栏，选择**Select**



F 6.5.10

2. 选择定义（***Select Definition***）窗口
   1) 在按名字查找（**Search by name**）区域输入**pec**
   2) 点击**OK**按钮

五) 创建条带

创建条带：

1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>长方体（***Box***）
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置
   X: **0.0**, Y: **-9.25**, Z: **8.0**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入长方体底面对角点的相对值
   dX: **200.0**, dY: **18.5**, dZ: **1.4**，点击确定（**Enter**）键

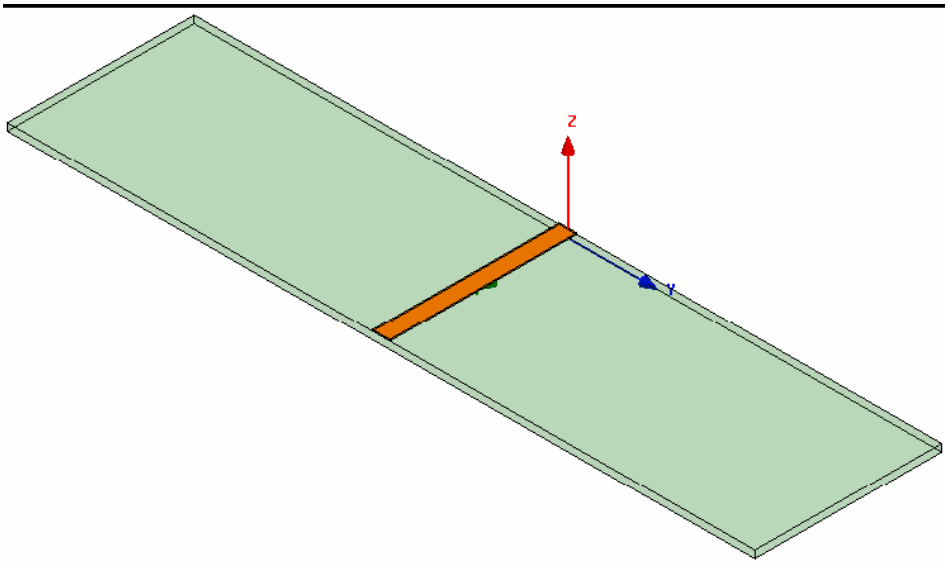
确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Trace**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录视角（***View***）>全屏视角（***Fit All***）>激活视角（***Active view***）

微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围 http://bbs.rfeda.cn



F 6.5.11

六) 创建地

创建地：

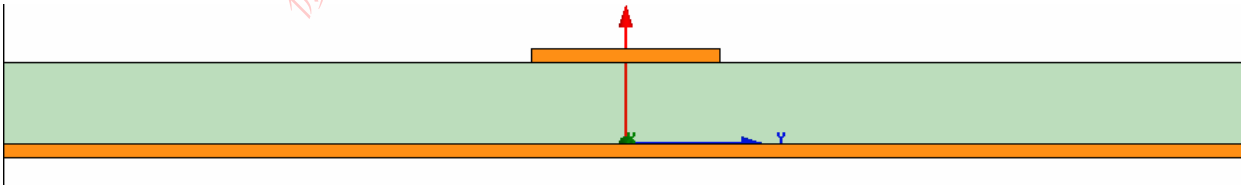
1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>长方体（***Box***）
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置
   X: **0.0**, Y: **-400.0**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入长方体底面对角点的相对值
   dX: **200.0**, dY: **800.0**, dZ: **-1.4**，点击确定（**Enter**）键

确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Ground**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录视角（***View***）>全屏视角（***Fit All***）>激活视角（***Active view***）



F 6.5.12

七) 设置默认材料

设置默认材料：

1. 使用3D模形材料工具条（***3D Modeler Materials toolbar***），选择真空（**vacuum**）

八) 创建空气

创建空气：

1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>长方体（***Box***）
2. 在坐标输入区，键入长方体起点位置

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

X: **0.0**, Y: **-400.0**, Z: **-1.4**，点击确定（**Enter**）键

3. 在坐标输入区，键入长方体底面对角点的相对值

dX: **200.0**, dY: **800.0**, dZ: **200.0**，点击确定（**Enter**）键

确定名字：

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Air**
3. 点击 **OK** 键

变成合适的视角：

1. 选择菜单栏目录视角（***View***）>全屏视角（***Fit All***）>激活视角（***Active view***）

九) 设置辐射边界

选择空气盒子：

1. 选择菜单项编辑（***Edit***）>选择（***Select***）按名字（***By Name***）
2. Select Object 对话框：
   1) 选择对象名字为：**Air**
   2) 点击 **OK** 按键

设置一个辐射边界：

1. 在图形浏览界面中单击右键并选择设置边界（***Assign***）>辐射（***Radiation***）
2. 将名字（**Name**）改为：**Rad1**
3. 点击 **OK** 按键

十) 设置网格平面

设置网格平面：

1. 选择菜单项***3D Modeler> Grid Plane> YZ***

十一) 创建波端口

创建一个代表端口的矩形：

1. 选择菜单栏目录画图（***Draw***）>矩形（***Rectangle***）
2. 在坐标输入区，键入矩形起点位置

X: **0.0**, Y: **-200.0**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键

3. 在坐标输入区，键入矩形对角点的相对值

dX: **0.0**, dY: **400.0**, dZ: **50.0**，点击确定（**Enter**）键

设置对象的参数

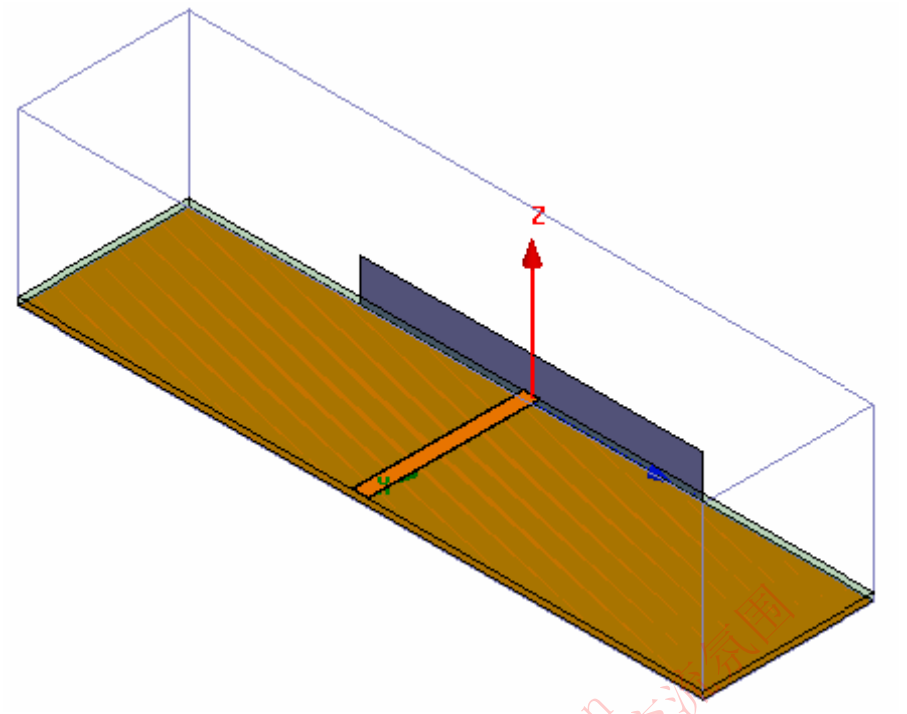
1. 在道具（**Properties**）窗口中选择命令（**Command**）标签
2. **Position**填上**0mil, -Port_Width/2, 0mil**，点击**Tab**键以确认
   1) 添加变量**Port_Width: 400mil**，点击**OK**按钮
3. **YSize**填上**Port_Width**，点击**Tab**键以确认

改变名字

1. 在道具（**Properties**）窗口中选择属性（**Attribute**）标签
2. 将名字（**Name**）的值改为：**Port1**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

3. 点击 **OK** 键



F 6.5.13

十二) 设置激励 1

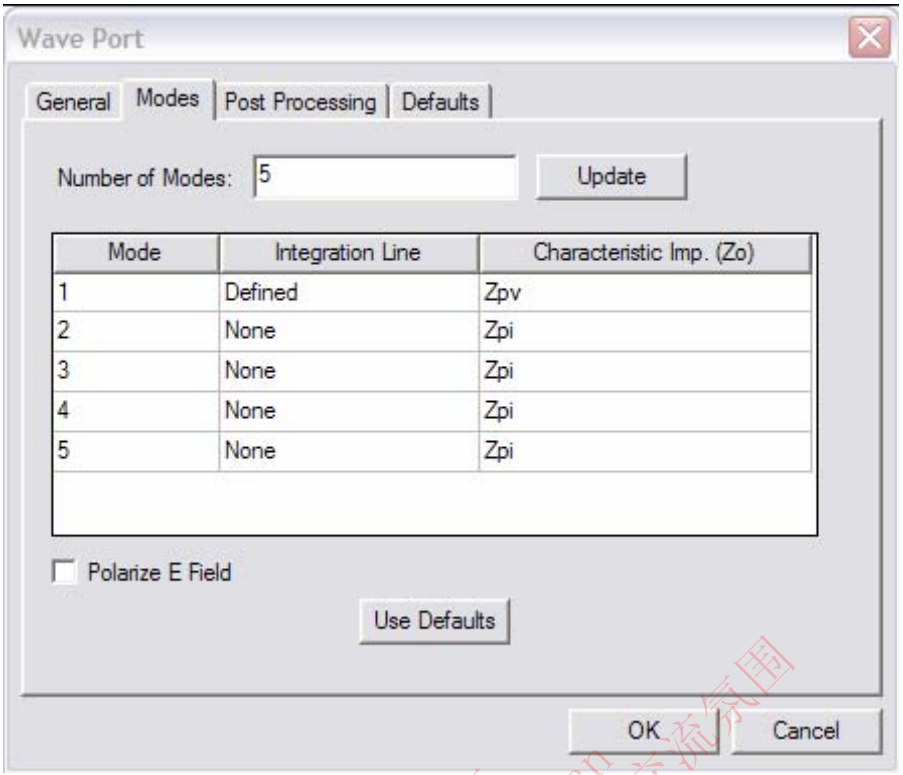
选择对象**p1**:

1. 选择菜单项编辑（***Edit***）>选择（***Select***）按名字（***By Name***）
2. Select Object 对话框：
   1) 选择对象名字为：**Port1**
   2) 点击 **OK** 按键

设置波端口激励：

1. 选择菜单项***HFSS***>激励（***Excitations***）>设置（***Assign***）>波端口（***Wave Port***）
2. Wave Port: General
   1）Name: **p1**
   2）点击**Next**按钮
3. Wave Port: Modes
   1）Number of Modes: **5**
   2）对模1（**Mode 1**）点击**None**并选择新积分线（**New Line**）
   3) 在坐标输入区，键入顶点位置
      X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
   4) 在坐标输入区，键入顶点位置
      dX: **0.0**, dY: **0.0**, dZ: **8.0**，点击确定（**Enter**）键
   5) 对**Mode 1**，点击**Zpi**并选成**Zpy**，点击**Next**按钮
4. Wave Port : Post Processing
   1）点击**Next**按钮
5. 点击**Finish**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.5.14

十三) 设置波端口激励 2

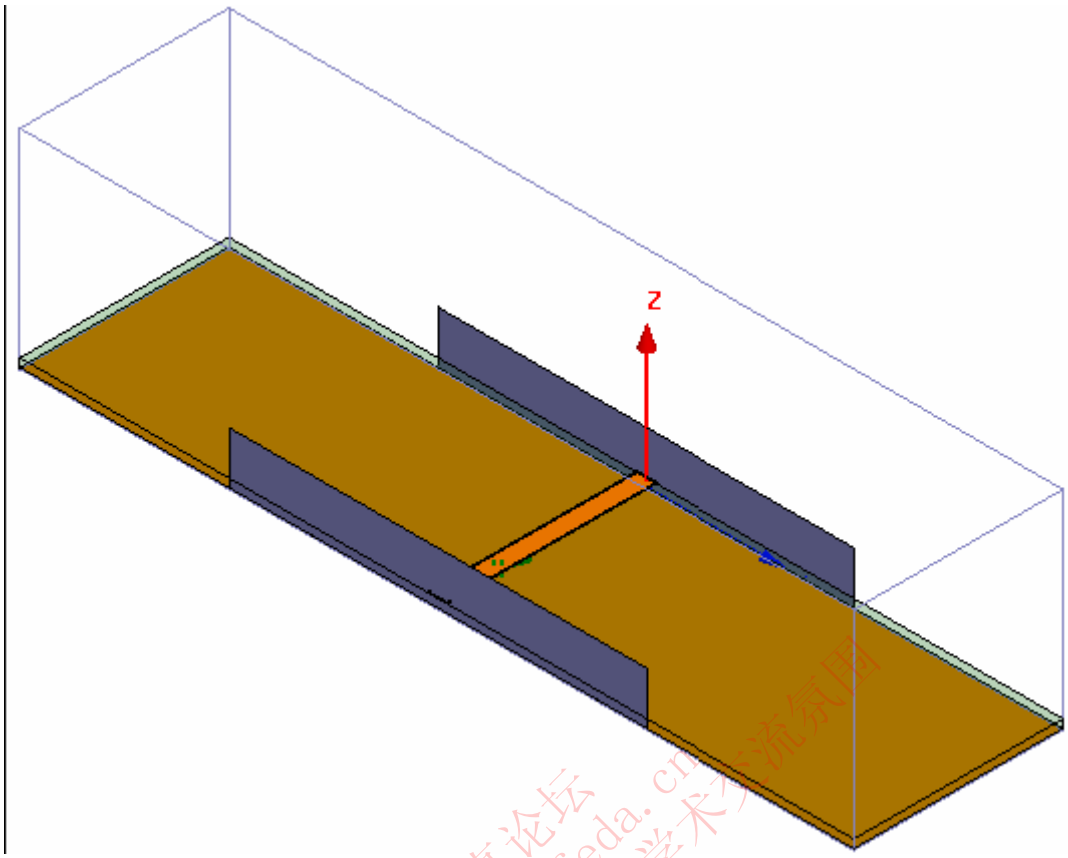
选择对象**Port1**:

1. 选择菜单项编辑（***Edit***）>选择（***Select***）按名字（***By Name***）
2. Select Object 对话框：
   1) 选择对象名字为：**Port1**
   2) 点击 **OK** 按键

复制端口

1. 选择菜单项编辑（***Edit***）>复制（***Duplicate***）>以线对称（***Along Line***）
2. 在坐标输入区，键入复制的第一个顶点位置
   X: **0.0**, Y: **0.0**, Z: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
3. 在坐标输入区，键入第二点的位置
   dX: **200.0**, dY: **0.0**, dZ: **0.0**，点击确定（**Enter**）键
4. 以线对称复制（***Duplicate Along Line***）窗口
   1. Total Number: **2**
   2. 点击**OK**按钮
5. 点击**Done**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F 6.5.15

十四) 边界显示

更改边界设置：

1. 选择目录项***HFSS***>边界显示(***Boundary Display(Solver View)***)
2. 在 **Solver View of Boundaries** 窗口中，你可以钩选你想看到的边界
   1) **说明：**地（理想导体）显示为外部（**Outer**）边界
   2) **说明：**理想导体倍显示为**smetal**边界
   3) **说明：**在菜单项中选择***View>Visibility***可以隐藏所有的物体。这样可以更方便地看边界
3. 要结束点击**Close**按钮

Solver View of Boundaries

Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
Rad1	User Defined	Visible to solver.		
p1	User Defined	Visible to solver.		
p2	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Overridden by other boundaries. Invi...		
smetal	Default	Visible to solver.		

Close

F 6.5.16

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

四． 分析设置

一）创建一个解析设置

创建一个解析设置：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>解析设置（***Analysis Setup***）>增加解析设置（***Add Solution Setup***）
2. 解设置（Solution Setup）窗口：
   1) 点击通用（**General**）标签：
      a) Solution Frequency: **20GHz**
   2) 钩选 **Solve Ports Only**
   3) 点击 **OK** 按键

二）增加一个频扫

增加一个频扫:

1. 选择菜单项 ***HFSS***>分析（***Analysis***）>增加频扫（***Add Sweep***）
   1) 选择解设置（Solution Setup）：**Setup1**
   2) 点击 **OK** 按键
2. 编辑扫频（***Edit Sweep***）窗口：
   1) Frequency Setup Type: **Linear Step**
      a) Start: **0.1GHz**
      b) Stop: **50.1GHz**
      c) Count: **81**
3. 设置基础插值（***Edit Setup Interpolation Basis***）窗口
   1）点击 **Setup Interpolation Basis** 的按钮
      a) Sweep Type: **Interpolating**
      b) Error Tolerance: **0.5%**
      c) Max Solutions: **20**
   2）点击 **OK** 按键
4. 点击 **OK** 按键

微波射频交流平台&良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

五． 保存工程

保存工程：

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单项文件（***File***）>另存为（***Save as***）
2. 在另存为（**Save As**）窗口中，键入文件名：**hfss_waveports**
3. 点击保存（**Save**）按键

六． 分析

一）模型生效

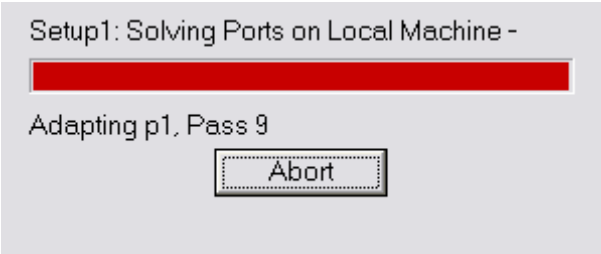
使模型生效：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>有效性检查（***Validation Check***）
2. 点击 **Close** 按键
3. **说明**：使用信息管理器（***Message Manager***）来查看错误和警告信息

二）解析

开始仿真：

1) 选择菜单项 ***HFSS***>解析（***Analysis***）



F 6.5.17

三）结果数据

看结果数据：

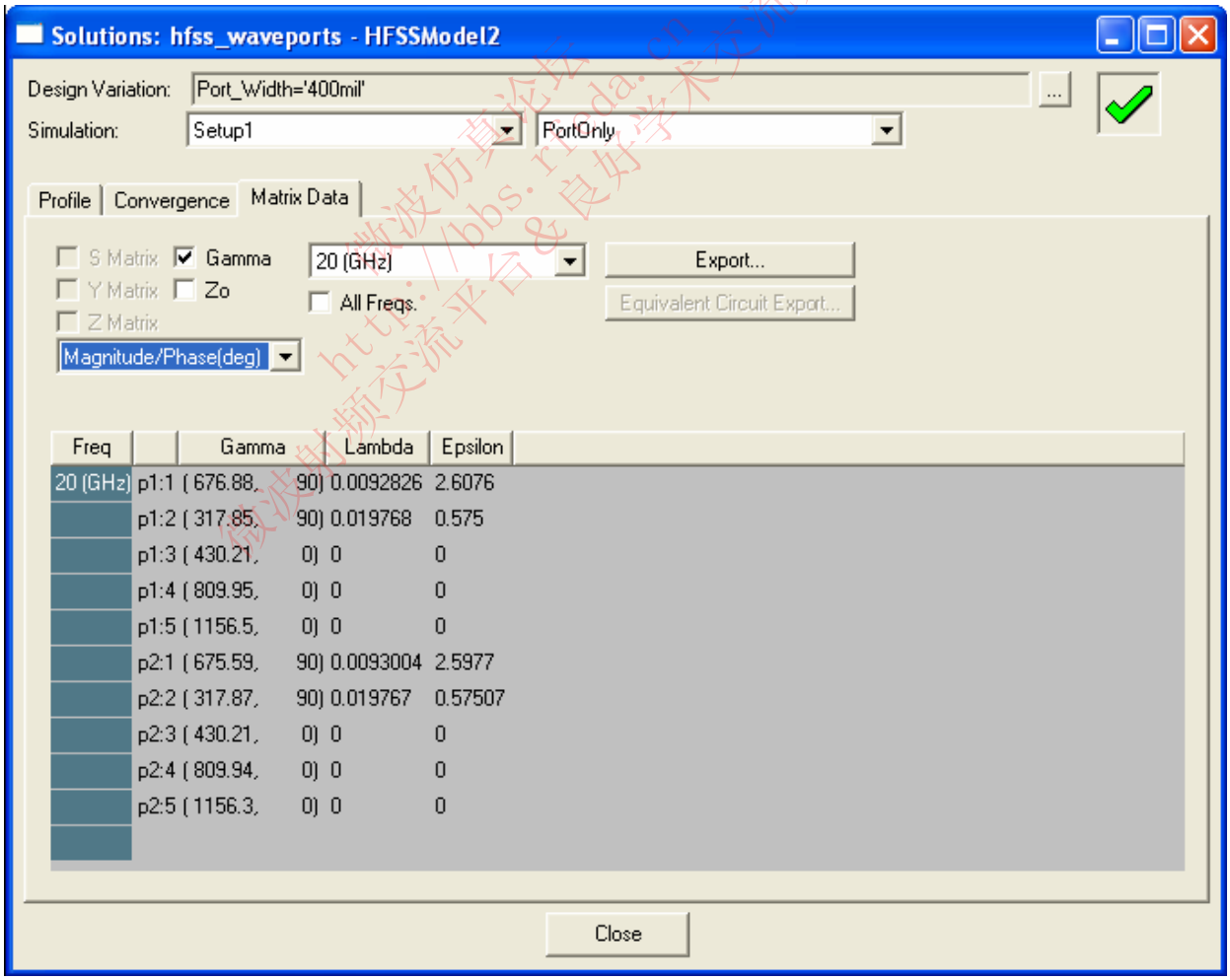
1. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>解数据（***Solution Data***）

看概要：

1. 点击概要（**Profile**）标签

看矩阵数据：

1. 点击矩阵数据（**Matrix Data**）标签
2. 结束观看点击 **Close** 按键



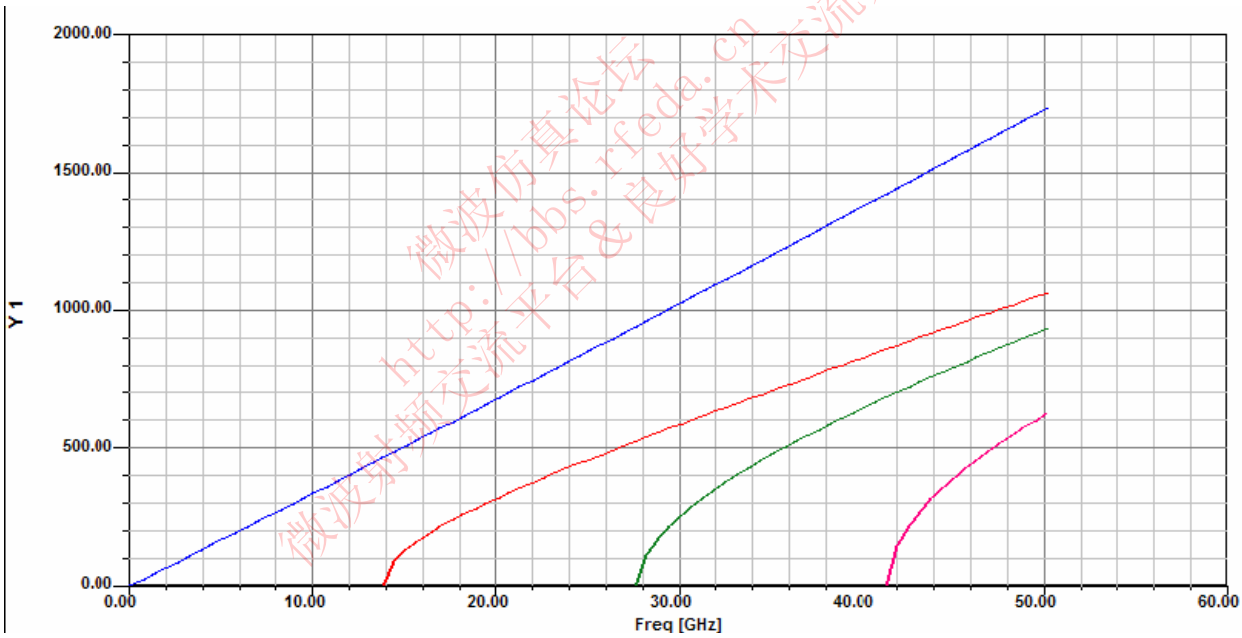
F 6.5.18

七． 创建报告

一）传输常数随频率变化

创建一个报告：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>创建报告（***Create Report***）
2. 创建报告（**Create Report**）窗口
   1) Report Type: **Modal S Parameters**
   2) Display Type: **Rectangular**
   3) 点击 **OK** 按钮
1. 绘线（**Traces**）窗口
   1) Solution: **Setup1: Sweep1**
   2) 点击**Y** 标签
      a) Domain: **Sweep**
      b) Category: **Gamma**
      c) Quantity: **Gamma(p1:1),Gamma(p1:2), Gamma(p1:3),Gamma(p1:4), Gamma(p1:5)**
      d) Function: **im**
      e) 点击**Add Trace** 按钮
   3）点击**Done**按钮



F 6.5.19

二）讨论

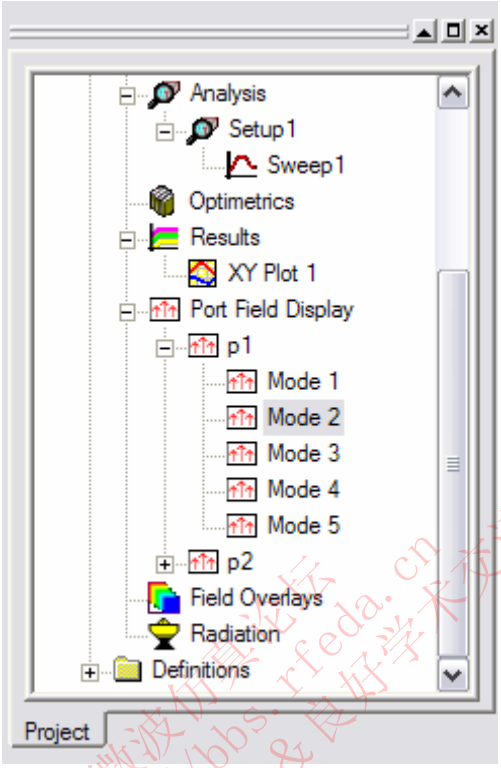
1. 该图形告诉了我们什么？
2. 给所建立的波端口设定物理尺寸，其本征模式是由直流激励而起的准 TEM 模（P2:1）。
3. 还可以看到一个足够高的频率可以传输更高的模式。比如第二个模在 14GHz 以上传输。
4. 因此，如果我们仿真频率只到 10GHz 就不需要更改端口的尺寸。但是如果我们要仿真到 50GHz，那就必须更改尺寸以消除高次模的影响。
5. 练习的最后一部分将进一步探讨。

三）远场波瓣图

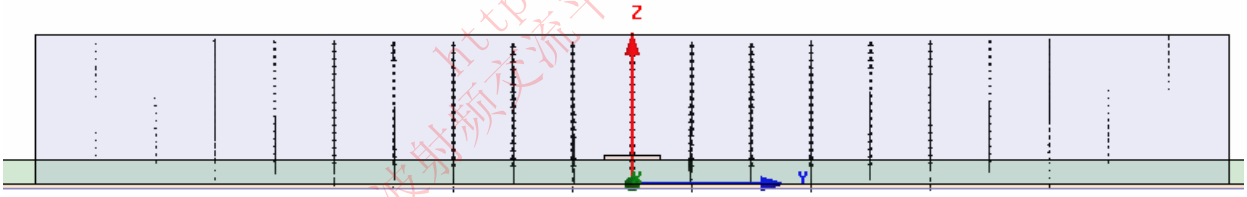
通过观察远场波瓣图可以更清楚地了解哪些模被激发了

要显示模式的场波瓣图：

1. 在工程管理（***Project manager***）中，展开端口场显示（***Port Field Display***）
2. 展开 **p1** 选择 **Mode 2**
   1) 场波瓣图会覆盖 3D mode1。在以下的图中可见，Mode 2 明显不是微带线的模，而是一个类似于 TE10 的波导模式



F 6.5.20



F 6.5.21

八． 优化参数设置——扫参

一）添加一个参数扫描

1. 选择菜单项 ***HFSS>Optimetrics Analysis>Add Parametric***
2. 设置扫描分析（***Setup Sweep Analysis***）窗口
   1) 点击 **Sweep Definitions** 标签
   2) 点击 **Add** 按钮，出现 ***Add/Edit Sweep*** 窗口：
      a) Variable: **Port_Width**
      b) 选择 **Linear Step**
      c) Start: **200mil**
      d) Stop: **600mil**
      e) Step: **100mil**
      f) 点击 **Add** 按钮

g) 点击 **OK** 按钮

3) 点击 **OK** 按钮

二）保存工程

要保存工程：

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，点击菜单项 ***File>Save***

九． 分析2

一）模型生效

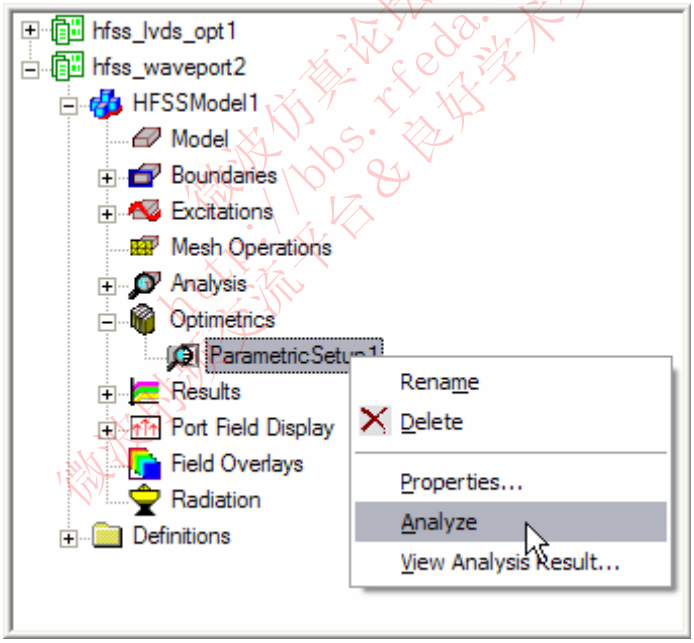
使模型生效：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>有效性检查（***Validation Check***）
2. 点击 **Close** 按键
3. **说明：**使用信息管理器（***Message Manager***）来查看错误和警告信息

二）分析

要开始解析进程：

1. 展开工程树（Project Tree）显示 **Optimetrics** 下拉项
2. 右键单击 **ParametricSetup1** 并选择 **Analyze**



F 6.5.22

十． 创建报告2

一）创建传输常数 vs. 频率 vs. 端口宽度报告

创建一个报告：

1. 选择菜单项 ***HFSS***>结果（***Results***）>创建报告（***Create Report***）
2. 创建报告（**Create Report**）窗口
   1) Report Type: **Modal S Parameters**
   2) Display Type: **Rectangular**
   3) 点击 **OK** 按钮

2. 绘线（**Traces**）窗口

1) Solution: **Setup1: Sweep1**

2) 点击**Sweeps**标签

a) 选择**Sweep Design and Project Variable Values**按钮

3) 点击**Y** 标签

a) Domain: **Sweep**

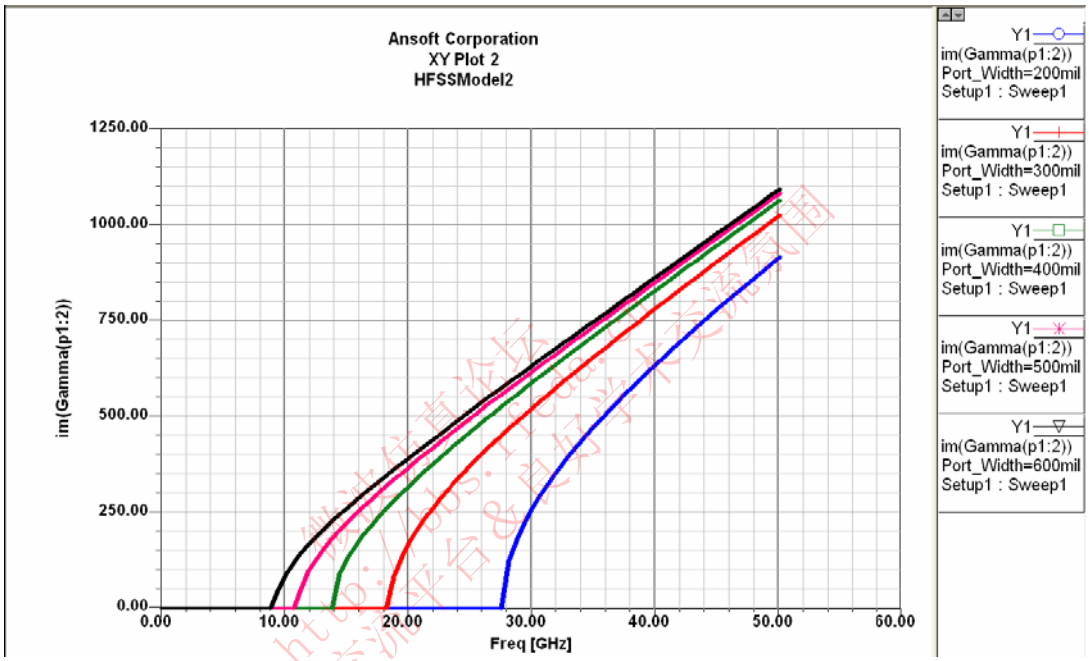
b) Category: **Gamma**

c) Quantity: **Gamma(p1:2)**

d) Function: **im**

e) 点击**Add Trace** 按钮

4）点击**Done**按钮



F 6.5.23

二）讨论

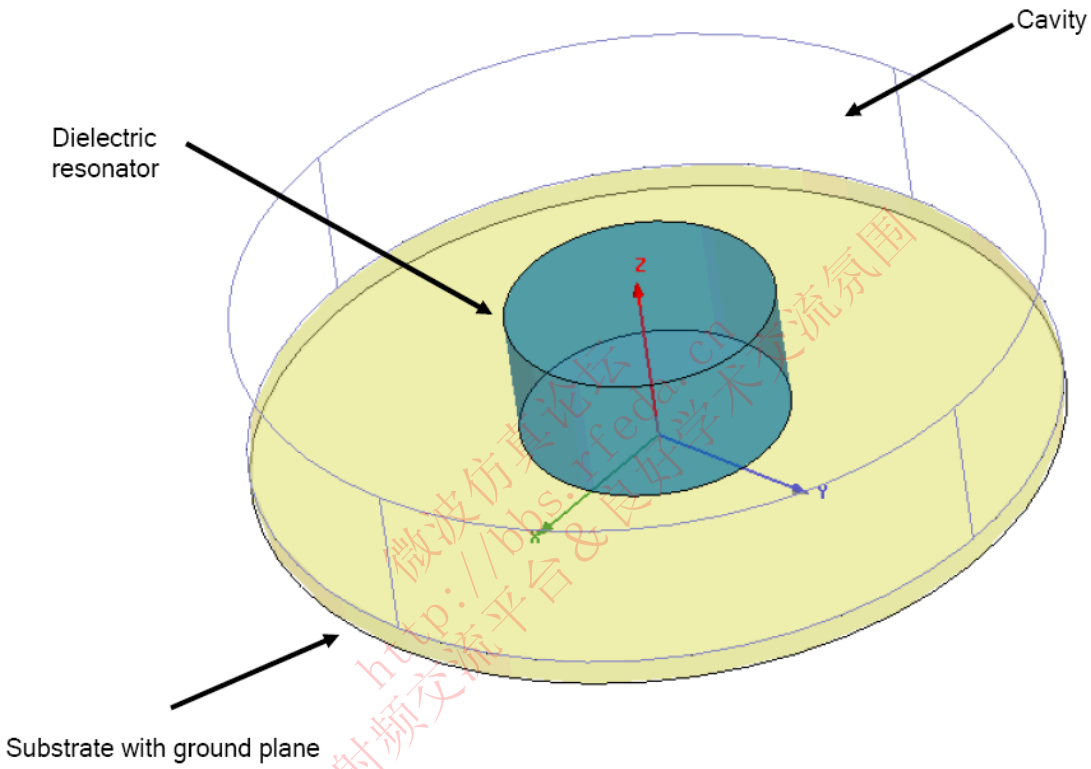
1. 该图形告诉了我们什么？
2. 图中显示减少端口的宽度，更高次模的截至频率提高了。
3. 因此如果你想不考率高次模的存在，可以通过适当地选取端口尺寸来抑制它们的传输。
4. 当仿真非常高的频率如毫米波波段而又无法保证端口足够小时，你应该保持谨慎甚至放弃尝试，因为在实际情况中高次模是真实存在的。

第六节 介质谐振器

- **这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个屏蔽的圆柱形介质谐振器。**

- 介质谐振器被设计工作在给定的频率范围，并且谐振器附近的电磁场应该只有预期中特定的几种模。然而，使用了谐振回路后，异常模频繁地干扰正常模。

- 通过大量的实践能够确定存在一个给定结构中模的耗损功率、谐振器的频率、模和能量，因此谐振器的工作和耦合情况也能够确定。



F.6.6.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一、Ansoft HFSS 设计环境

使用下面的 HFSS 环境特点来创建这个无源器件的模型：

1. 三维几何模型
   - 基本模型（**Primitives**）： **Cylinders**（圆柱体）
   - 变量（**Variables**）：**Project and model variables**（工程变量和模型变量）
2. 材质/边界/端口激励
   - 材质（**Materials**）：**Defining custom materials**（用户自定义材质）
   - 边界（**Boundaries**）： **Perfect E**
3. 分析设置
   - 参扫（**Parametric sweep**）
4. 结果
   - 本征模数据-单个模的收敛（**Eigenmode Data - convergence of the individual modes**）
   - 绘图格式（**Formatting plots**）
   - 场：电场和磁场（**E- & H-Field**）
   - 场：在自定义的切面上绘图（**Plotting on custom cut-planes**）

二、设计检查

一）本例来自 **Tatsuo ltoh** 的书《微波工程的有限元软件》

"Finite Element Software for Microwave Engineering" by Tatsuo Itoh, Giuseppe elosi and Peter P. Silvester, 1996,John Wiley & Sons ISBN 0-471-12636-5 (page 62 onwards)

二）本仿真的目的是查看介质谐振器随周围几何形状改变时，响应模如何建立。重点考察的是介质谐振器顶部到腔体顶部距离的变化。

三）下面介绍 2 种可行的方法来分析这个问题：

方法 1：定义一个微带传输线穿过腔体，并激励微带传输线。微带线对腔体起负载效果，这与传输线的位置、终端等有关。因此，使用这个方法进行研究取决于反馈结构，模式可能被遗漏。

方法 2：使用本征模式（**Eigenmode**）计算得到圆柱形介质谐振器的自身响应。

四）根据参考书的进程，我们使用第二种方法。由于本征模算法不需要端口激励，只要设定好几何模型和边界条件。我们只计算出现在这个结构中的前 6 个模。

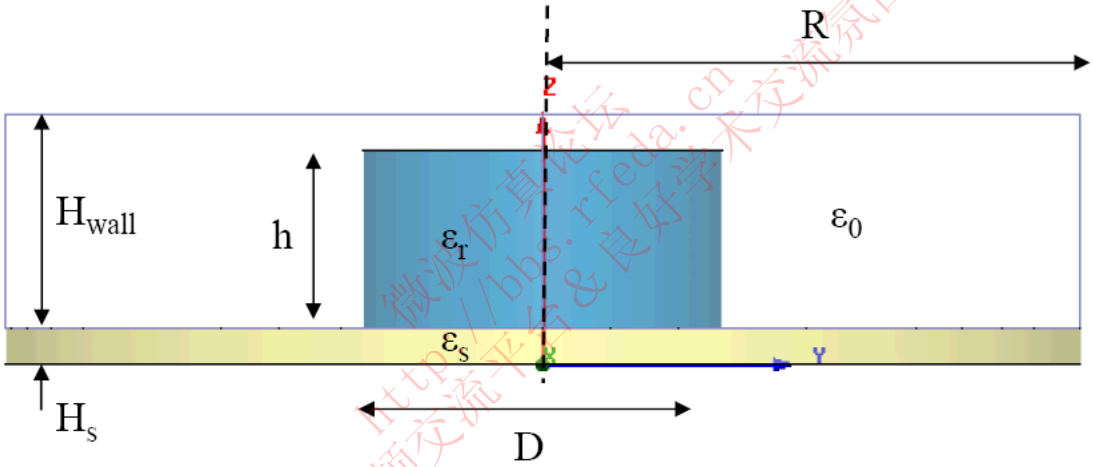
三、模型的详细资料

一）在圆柱介质中能够起振的通常表示为 $TE_{0,m,\delta}$， $TM_{0,m,\delta}$ 和 $HEM_{n,m,\delta}$，分别为横电模，横磁模和混合模。下标 m，n 和 δ 分别表示方位角上，径向和轴向上的波数。

二）模型的尺寸如下面的图表所示。

Cavity	Hwall	6-15mm
	R	15mm
	ε_0	1
Dielectric resonator	h	5mm
	D	10mm
	ε_r	36
Substrate	h_s	1mm
	R	15mm
	ε_s	9.6

F.6.6.2

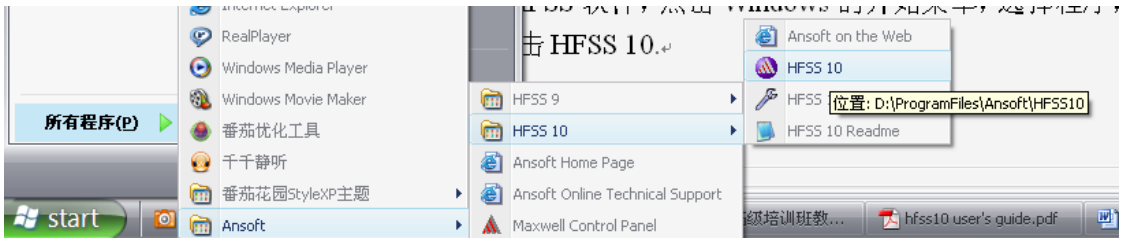


F.6.6.3

四、开始

一）运行 Ansoft HFSS

1. 要打开 Ansoft HFSS 软件，点击 Windows 的**开始**菜单，选择**程序**，然后选中 **Ansoft HFSS 10** 程序组。点击 **HFSS 10**.



F.6.6.4

二）设置工具选项

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

1. 具体操作步骤：

注：要跟着这个例子步骤做下去，先确定工具选项设置和下面的一致：

1）选择菜单项 ***Tool > Options > HFSS Options***

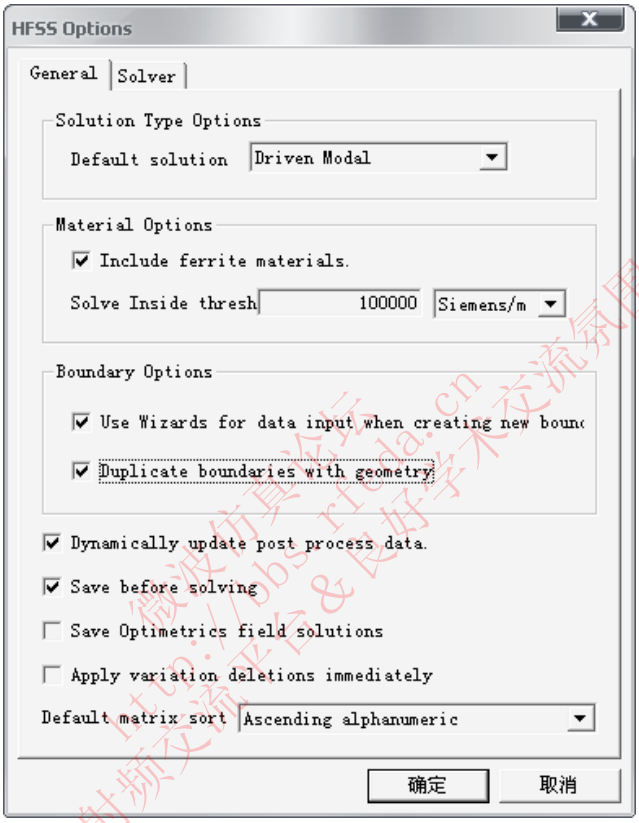
2）在 HFSS 选项窗口：

a. 单击 ***General*** 属性页

勾选“创建新边界时使用向导输入数据”.（**Use Wizards for data entry when creating new boundaries**）

勾选“复制几何模型边界”.（**Duplicate boundaries with geometry**）

b. 点击 ***Ok*** 按钮



F.6.6.5

3）选择菜单项 ***Tool > Options > 3D Modeler Options.***

4）在三维模型选项窗口：

a. 单击 **Operation** 属性页

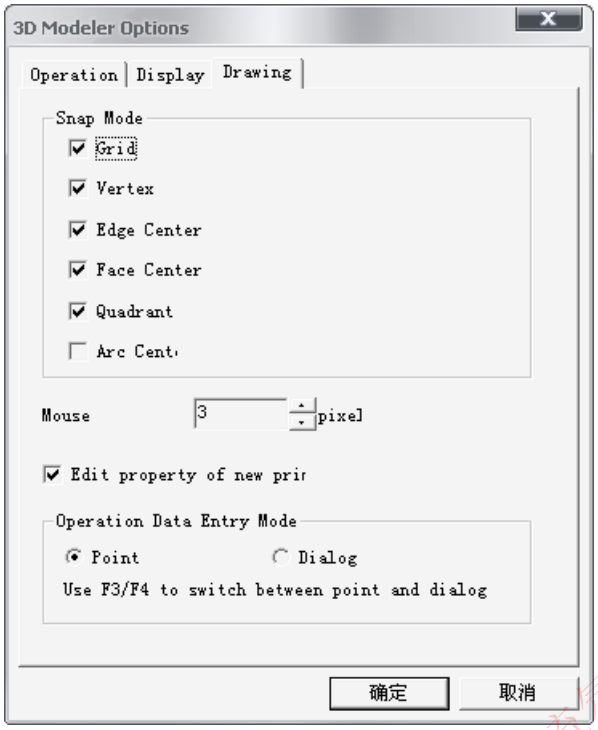
勾选“自动闭合多边线”（**Automatically cover closed polylines**）。

b. 单击 **Drawing** 属性页

勾选“编辑新原始模型的属性”（Edit property of new primitives）。也就是画完一个形状或物体，会自动弹出它的属性框让你修改。

c. 单击 **OK** 按钮

微波射频交流平台&良好学术交流氛围
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn



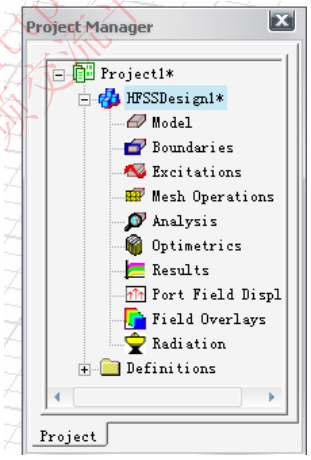
F.6.6.6

三）新建一个工程

1. 具体操作步骤：

1）在 **HFSS** 窗口，单击标准工具栏的 ，或者选择菜单项 ***File*** > ***New***.

2. 从 **Project** 菜单，选择 **Insert HFSS Design**。



F.6.6.7

四）设置解决方案类型

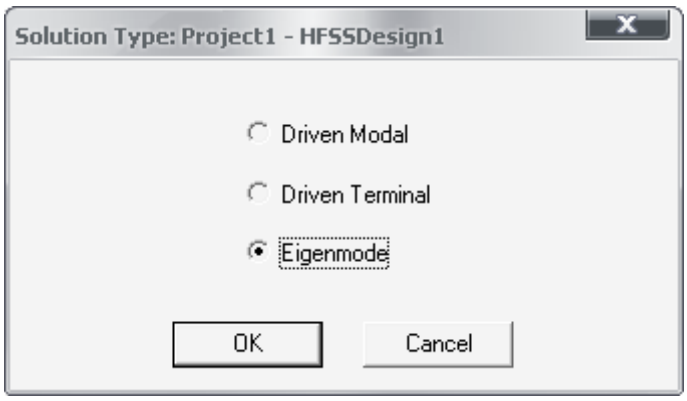
1. 具体操作步骤：

1） 选择菜单 ***HFSS*** > ***Solution Type***

2） 在解决方案类型设置窗口：

a. 选中 **Eigenmode**

b. 单击 **OK** 按钮



F.6.6.8

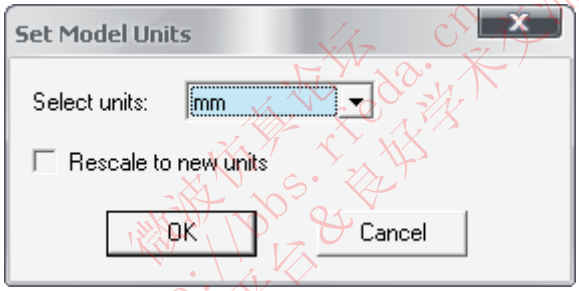
五、创建三维模型

一）设置模型单位

1. 具体操作步骤：

1）选择菜单 ***3D Modeler > Units***

2）单击 **OK** 按钮



F.6.6.9

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二）设置默认材质

1. 具体操作步骤：

1）在三维模型材质工具栏上，选择 **Vacuum**

F.6.6.10

三）创建一个空腔

1. 创建圆柱体：

1） 从 3D 模型工具栏上选择圆柱体图标

F.6.6.11

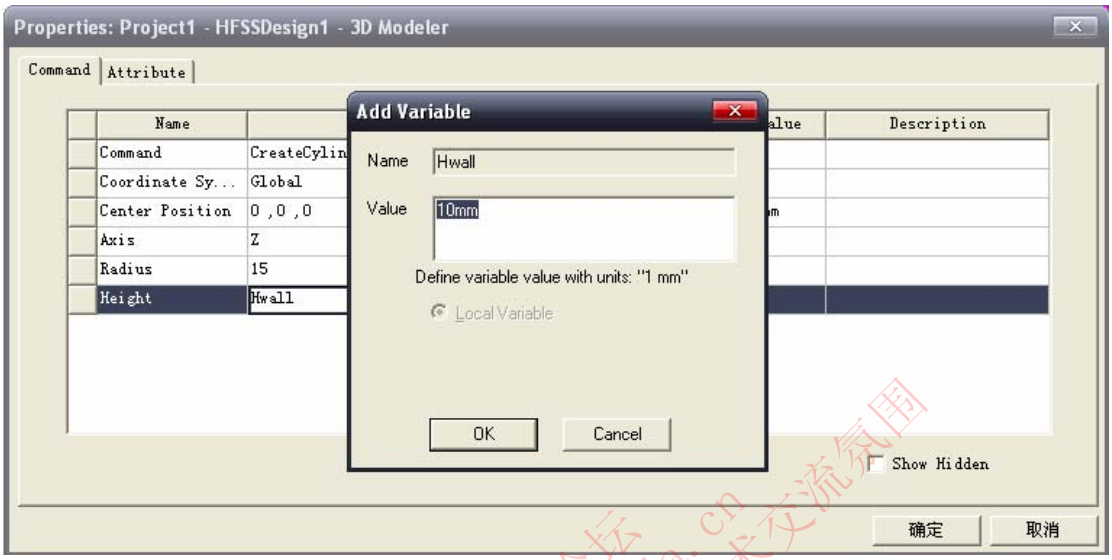
2） 使用坐标输入框，输入中心基点坐标

X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束

3） 确认在 3D 模型工具栏上的坐标平面设置为 xy。然后在 x 输入框设置腔体的半径，在 z 输入框设置腔体高度。注意：不能直接使用坐标输入框中的参数。

dX:15.0, dY: 0.0, dZ:10.0, 按 Enter 键结束

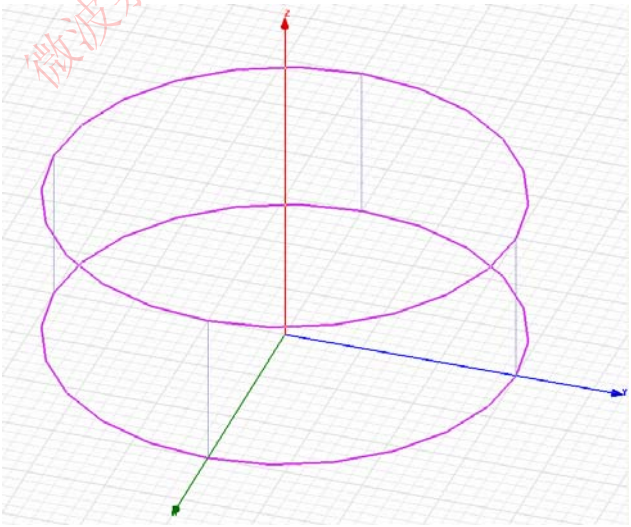
2. 参数化腔体高度：
   1） 在高度（**Height**）输入框填上参数名‘**Hwall**’
   2） 单击 **Enter** 键 HFSS 会要你填写参数值
   3） 写上‘**10mm**’-不要忘了写上单位!



F.6.6.12

3. 更改名字：
   1） 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2） 在 **Name** 栏输入：**Cavity**

4. 设置显示方式为 **Wireframe**：
   4） 从属性窗口选中 **Attribute** 属性页
   5） 勾选“显示金属丝框架”（**Display Wireframe**）
   6） 单击 **OK** 按钮



F.6.6.13

5. 设置最佳观看：

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

1） 选择菜单 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 或使用快捷键 **Ctrl+D**

四）创建一个新的材质并设为置默认材质

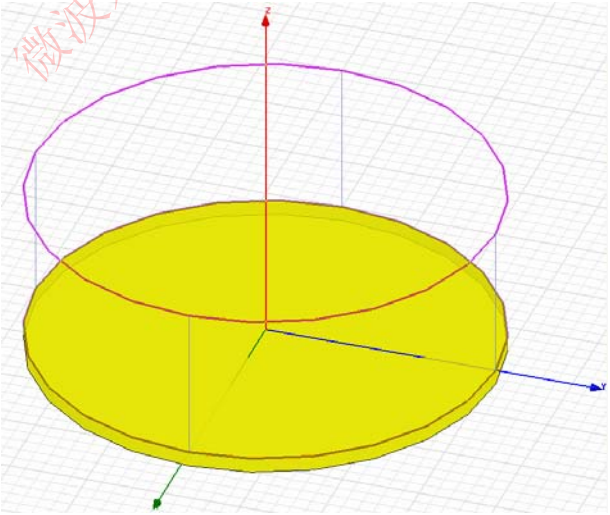
1. 创建新材质：
   1) 在三维模型材质工具栏，选择 **Select**

F.6.6.14

   2) 单击‘**Add Material**’按钮
   3) 设置材质名为 **subs**
   4) 设置介质的介电常数 ε_r为 9.6，其余为默认不变
   5) 单击‘**OK**’
   6) 增加一个名为**DielRes**的新材质， ε_r=36
2. 设置默认材质：
   1) 现在你可以通过选择列表中的 **subs** 并单击 **OK** 来设置默认材质

五）创建基层

1. 创建圆柱体：
   1） 从 3D 模型工具栏上选择圆柱体图标
   2） 使用坐标输入框，输入中心基点坐标
   X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   3） 设置坐标平面为 xy。然后在 x 输入框设置腔体的半径，在 z 输入框设置腔体高度。
   dX:15.0, dY: 0.0, dZ:-1.0, 按 Enter 键结束
2. 更改名字：
   1） 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2） 在 **Name** 栏输入：**Substrate**
3. 你现在可以设置你喜欢的颜色和透明度



F.6.6.15

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 &计好学术交流氛围

六）设置默认材质

1. 具体操作步骤：

1）在 3D 模型材质工具栏上选择前面创建的 **DielRes** 材质

七）创建介质谐振器

1. 创建表示谐振器的圆柱体：

1） 从 3D 模型工具栏上选择圆柱体图标

2） 使用坐标输入框，输入中心基点坐标

X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 **Enter** 键结束

3） 设置坐标平面为 xy。然后在 x 输入框设置腔体的半径，在 z 输入框设置腔体高度。

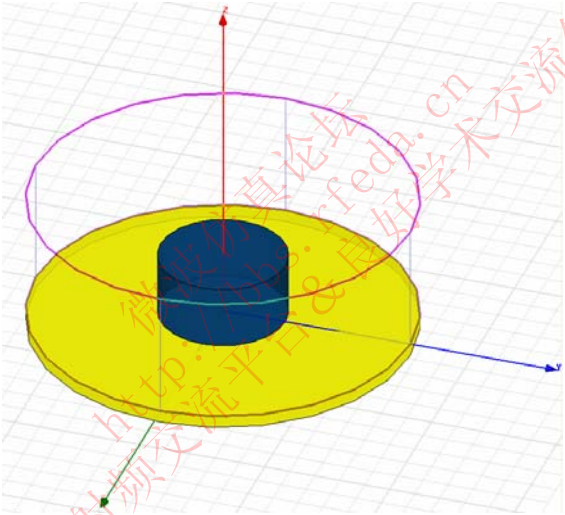
dX:5.0, dY: 0.0, dZ:5.0, 按 **Enter** 键结束

2. 更改名字：

3） 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页

4） 在 **Name** 栏输入：**DielRes**

3. 你现在可以设置你喜欢的颜色和透明度



F.6.6.16

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&高好学术交流氛围

八）设置边界条件

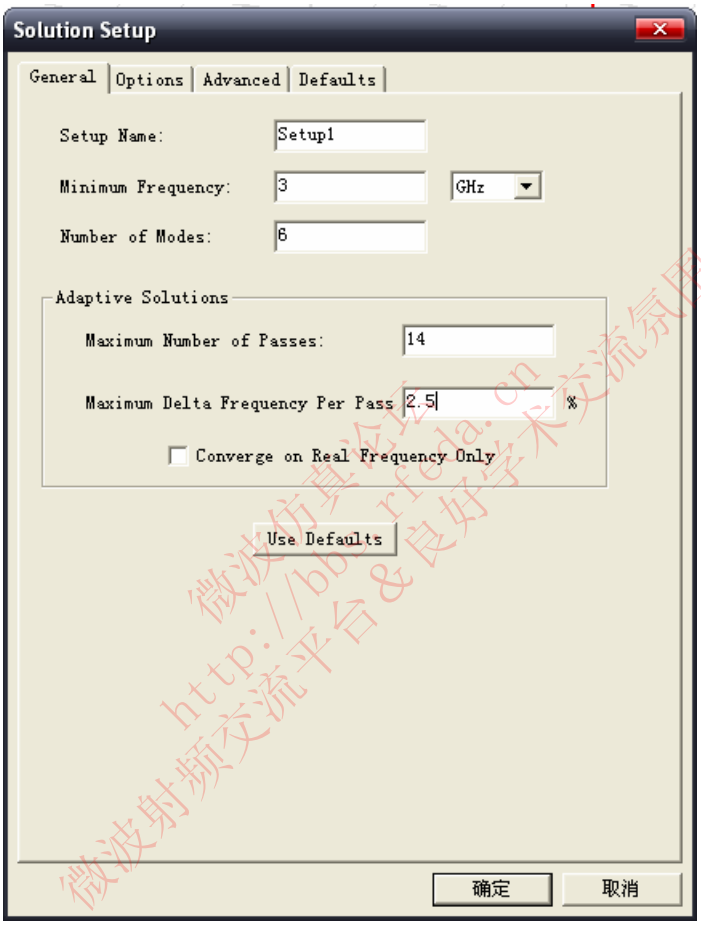
1. 我们已经建立了完整的模型，在分析之前唯一没做的就是设定边界条件，边界应该应用到腔体和基层的其它部分。
2. HFSS 给每个可见的模型指定默认的边界‘**Perfect Electrical Conductor**’（**PEC**）。如果你想让谐振器嵌套在一个铝制腔体中，你可以设定边界来取代 HFSS 默认指定的边界。这样做会影响谐振器的品质因素和共振模。到底有多少影响我们可以使用本征模解算起容易地得到。
3. 但是这个例子将坚持使用 HFSS 默认的边界条件，因此我们把谐振器有效地封装在理想导体腔中。

六、分析设置

一）创建一个分析设置

1. 具体操作步骤：

1) 选择菜单 ***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***
2) 在解决方案设置窗体中：
   a. 单击 **General** 属性页：
      - 最小频率：**3GHz**
      - 模式数目：**6**
      - 最大步数：**14**
      - 频率每步最大变化：**2.5%**
   b. 在 Options 属性页中：
      - 最小收敛步数：**3**



F.6.6.17

七、保存工程

一）具体操作步骤：

1. 在 HFSS 窗口，选择菜单 ***File > Save As***.
2. 在 **Save As** 对话框中，输入文件名：**hfss_diel_res**
3. 单击 **Save** 按钮

八、分析

一）确认模型

1. 具体操作步骤：

   在执行求解之前你可以检查模型的有效性，这在运行大型仿真中非常有用。

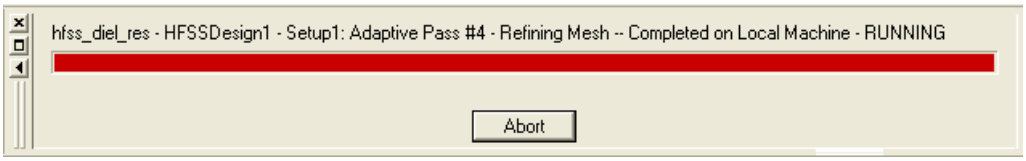
RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

1) 选择菜单 ***HFSS > Validation Check***
2) 单击 **Close** 按钮

注：要查看错误和警告信息，使用信息管理器。

二）执行仿真求解：

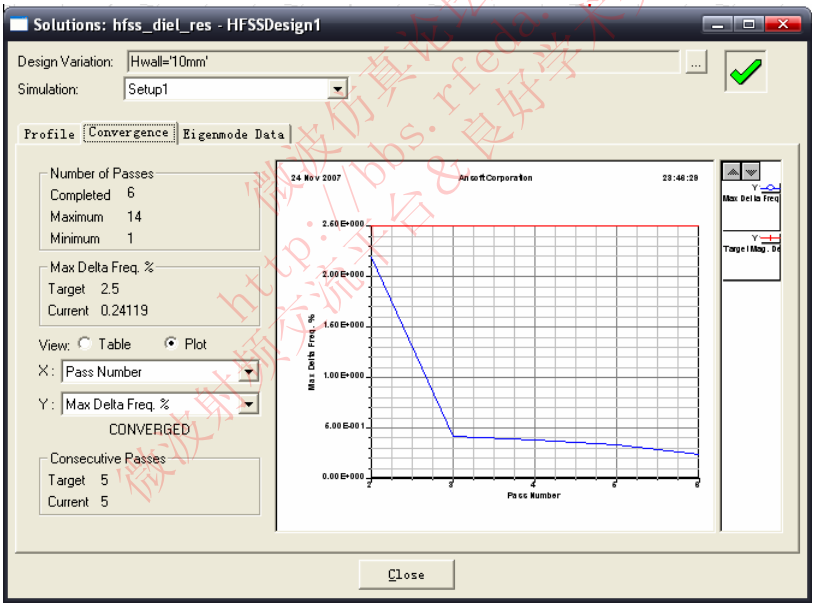
1. 选择菜单 ***HFSS > Analyze All***



F.6.6.18

三）计算数据

1. 查看计算后的数据：
   1) 选择菜单 ***HFSS > Results > Solution Data***
      a. 查看 **Profile**（概况：内存的使用，计算的时间，剖分的四面体数目）：
         ➢ 单击 **Profile** 属性页
      b. 查看 **Convergence**（收敛性）：
         ➢ 单击 **Convergence** 属性页



F.6.6.19

注：收敛性的查看方式默认为表格（**Table**），选择绘图（**Plot**）选项可以通过图形方式查看收敛性数据。

      c. 查看本征模数据：
         ➢ 单击 **Eigenmode Data** 属性页

Solved Modes

	Eigenmode	Frequency (GHz)
	Mode 1	4.9715
	Mode 2	4.9748
	Mode 3	5.2965
	Mode 4	5.5421
	Mode 5	7.1173
	Mode 6	7.1192

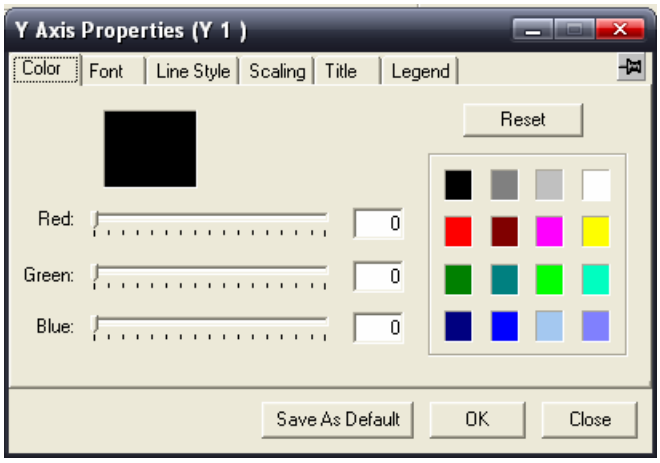
F.6.6.20

- 你能看到这些模成对出现——它们是衰减模。在本例后面绘出的结构内部场图中你也能看出这点。

  注：要查看本征模的实时更新数据，选择 **Simulation：Setup1，LastAdapitive**
- 单击 **Close** 按钮

2. **接下来我们通过单个模查看收敛性，而不是通过 HFSS 的△*f* 百分比收敛标准来查看。**

1) 选择菜单 ***HFSS > Results >Create Report***
2) 在建立报告（**Create Report**）窗口：
   a. 设置报告类型 **Report Type：Eigenmode Parameters** （本征模参数）
   b. 显示类型 **Display Type：Rectangular** （直角）
   c. 单击 **OK** 按钮
3) 在迹线（**Traces**）窗口：
   a. 设置解算方案 **Solution：Setup1：Adaptive1**
   b. 单击 **Y** 属性页
   c. 设置类别 **Category：Eigen Modes**
   d. Quantity：Mode（1），Mode（2），... Mode（6）.使用 **CTRL** 键进行多选。
   e. Function：Re
   f. 单击 **Add Trace** 按钮
   g. 单击 **Done** 按钮
4) 下面我们设定颜色使图形曲线更清晰。
   a. 双击 y 轴上的数字，将弹出如下对话框：



F.6.6.21

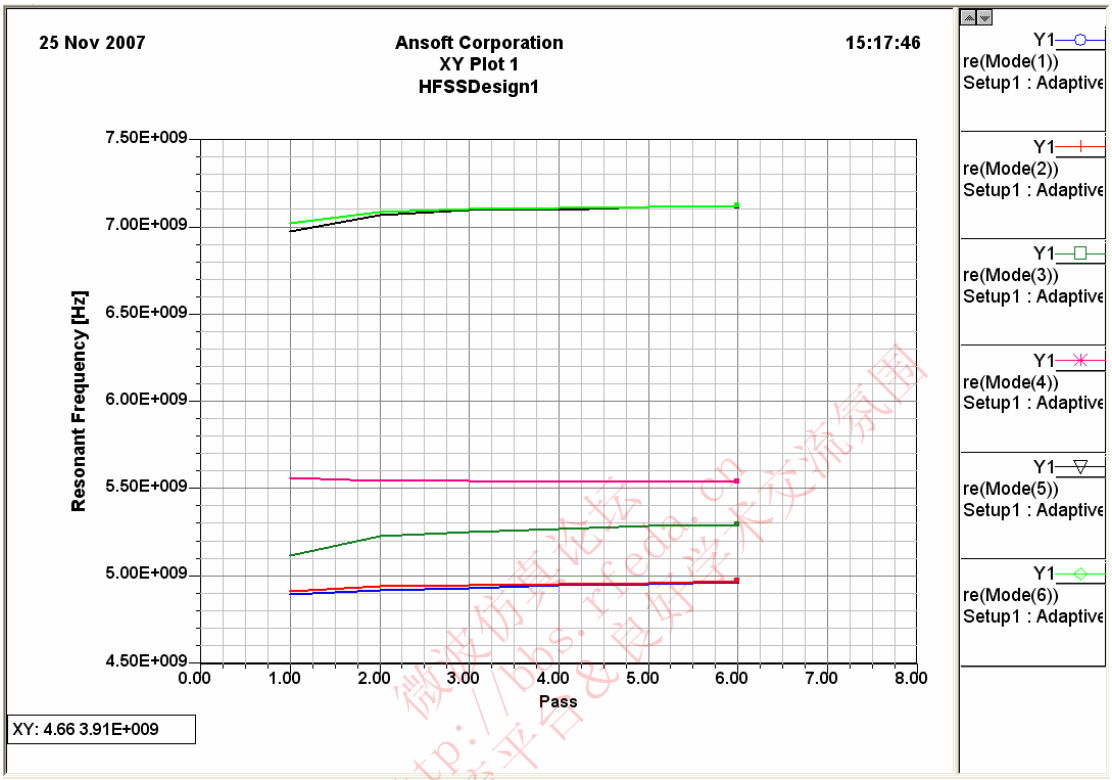
b. 单击 **Scaling** 属性页

c. 勾选‘**Scientific Notation**’（科学表示法）

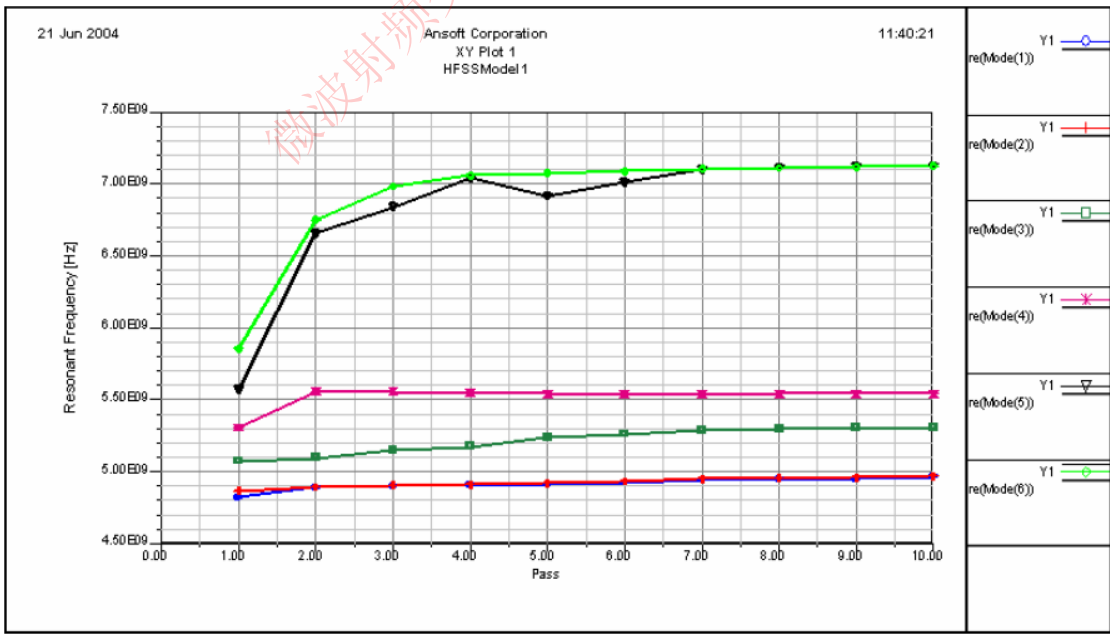
d. 在‘**Label**’文本框写上‘**Resonant Frequency [Hz]**’

➢ 注：要查看本征模的实时更新数据，选择 **Simulation：Setup1，LastAdapitive**

5) 单击 **Close** 按钮



F.6.6.22（译者计算结果图）



F.6.6.23（原图）

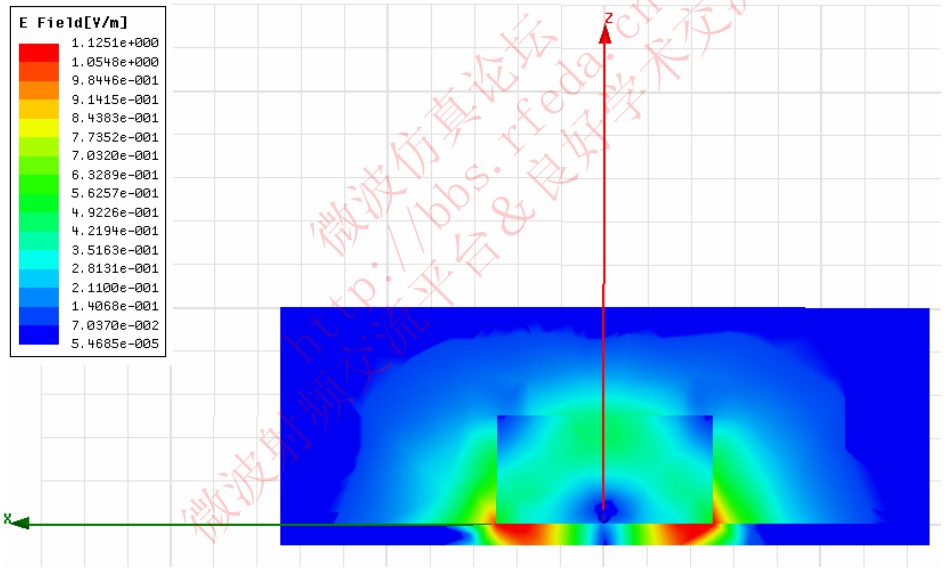
RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

正如你看到的那样，在第七步后 HFSS 得到的模的频率趋于常数。容易证明模 5 和 6 以及模 1 和 2 实际上是同一个模。模 5 在第 4 步和第 6 步之间出现一点小问题是因为模 5 在第 4 步没有描绘好。然而，由于模 5 是衰减模，在第 4 步我们可以通过画出模 6 的场分布图来代替它，运用我们所学的知识知道衰减模的场是正交的。

四）场覆盖图

- 我们现在有机会看看 HFSS 计算得到的本征模。这个章节将展示 HFSS 拥有的几种不同的绘图技术。

1. 创建场覆盖图：
   1) 选择模型目录树下的 **Planes** 中的 **Global：XZ** 平面
   2) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E***
   3) 在创建场图（**Create Field Plot**）窗口：
      a. 设置解算方案（Solution）：Setup1：LastAdaptive
      b. 参量（Quantity）：Mag_E
      c. 范围（In Volume）：All
      d. 单击完成（Done）按钮
   4) 现在你能看到模型在 XZ 平面上的电场幅度分布图。



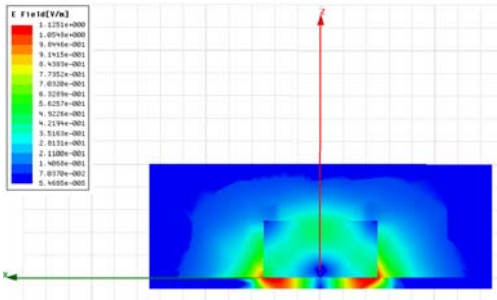
F.6.6.24（模 1：电场幅度分布）

➢ 注：HFSS 默认显示结构中第一个模

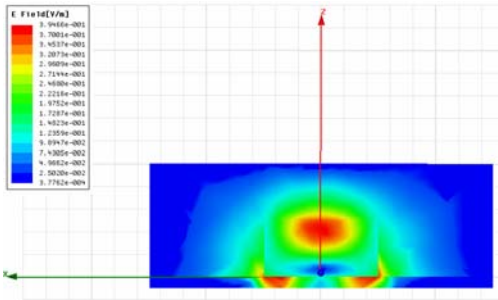
2. 改变激励模
   1) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Edit Sources***
   2) 在编辑源（**Edit Sources**）窗口：
      a. 设置源（Set Source）：**EigenMode_1** 幅度（magnitude）0，相位（phase）0
      b. **EigenMode_2** 幅度（magnitude）1，相位（phase）0
   3) 单击 **OK** 按钮

五）XZ 平面上的电场幅度图

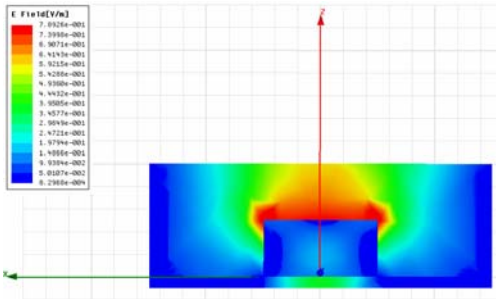
1. 下面显示的是 XZ 平面上不同模的电场分布图。



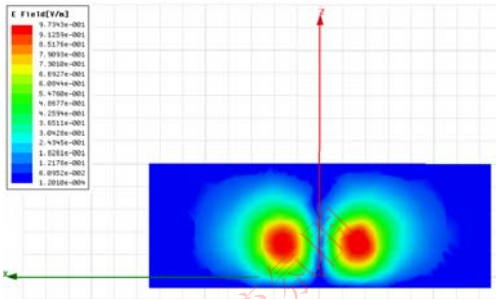
模 1：电场幅度分布



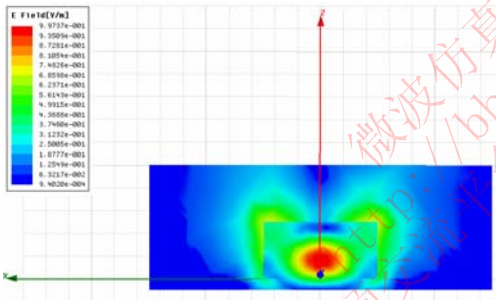
模 2：电场幅度分布



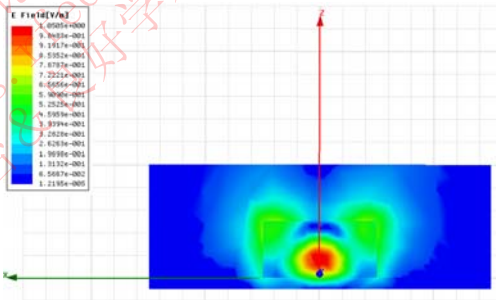
模 3：电场幅度分布



模 4：电场幅度分布



模 5：电场幅度分布



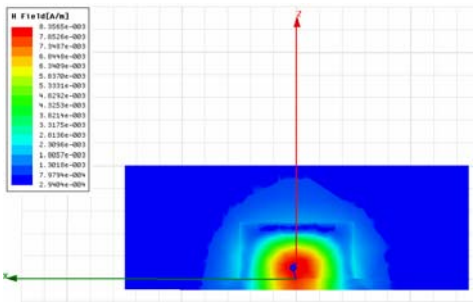
模 6：电场幅度分布

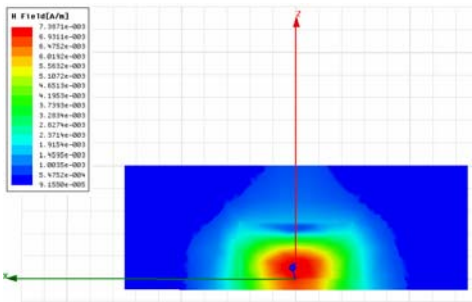
F.6.6.25

六）XZ 平面上的磁场幅度图

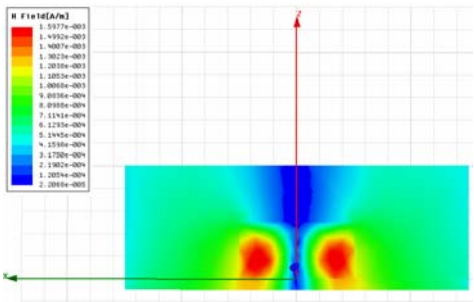
1. 下面显示的是 XZ 平面上不同模的磁场分布图。

2. 注：HFSS 以默认激励（phase=0）给出磁场分布模式，有时看起来并不提供场（取决于设置）。（我的相位为 0 时，磁场全为 0，改成 90 度后，和教程一致——dfmt 注）

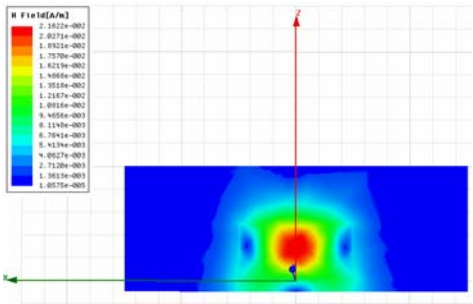




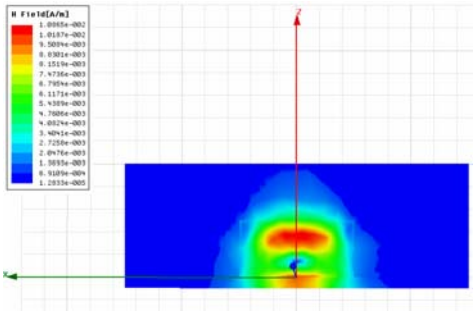
模 1：磁场幅度分布



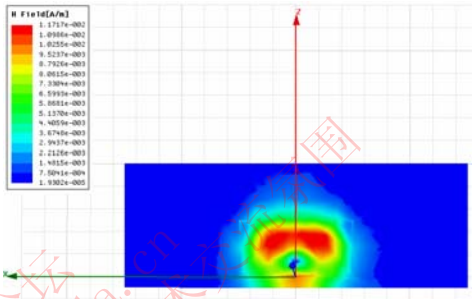
模 2：磁场幅度分布



模 3：磁场幅度分布



模 4：磁场幅度分布



模 5：磁场幅度分布

模 6：磁场幅度分布

F.6.6.26

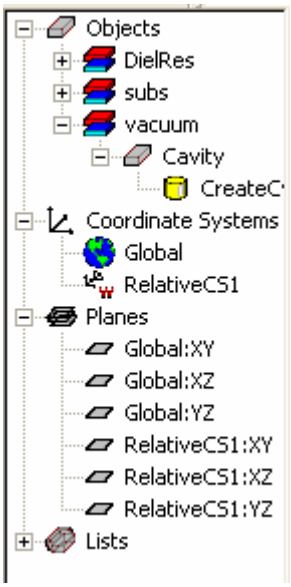
七）在自定义剖面上绘制场图

可以在自定义剖面上绘制场图，下面将演示如何操作：

1. 创建一个包含想要的剖面的新坐标系统
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Coordinate System >Create >Relative CS >Both***
   2) 在坐标输入区输入数据，把原点设定在谐振器中心：
      X: 0.0, Y:0.0, Z: 5.0/2，按 **Enter** 键结束
   3) 设置 x 轴的位置
      X: 5.0, Y:0.0, Z: -5.0/2，按 **Enter** 键结束
   4) 设置 XY 平面（注意在坐标栏选择绝对参考系）
      X: 0.0, Y:-5.0, Z: 0.0，按 **Enter** 键结束

F.6.6.27

   5) 你现在能看到一个名为 **RelativeCS1** 的新坐标系。可以在模型目录树下的 **Planes** 中选择这个坐标系中的平面作为剖面。

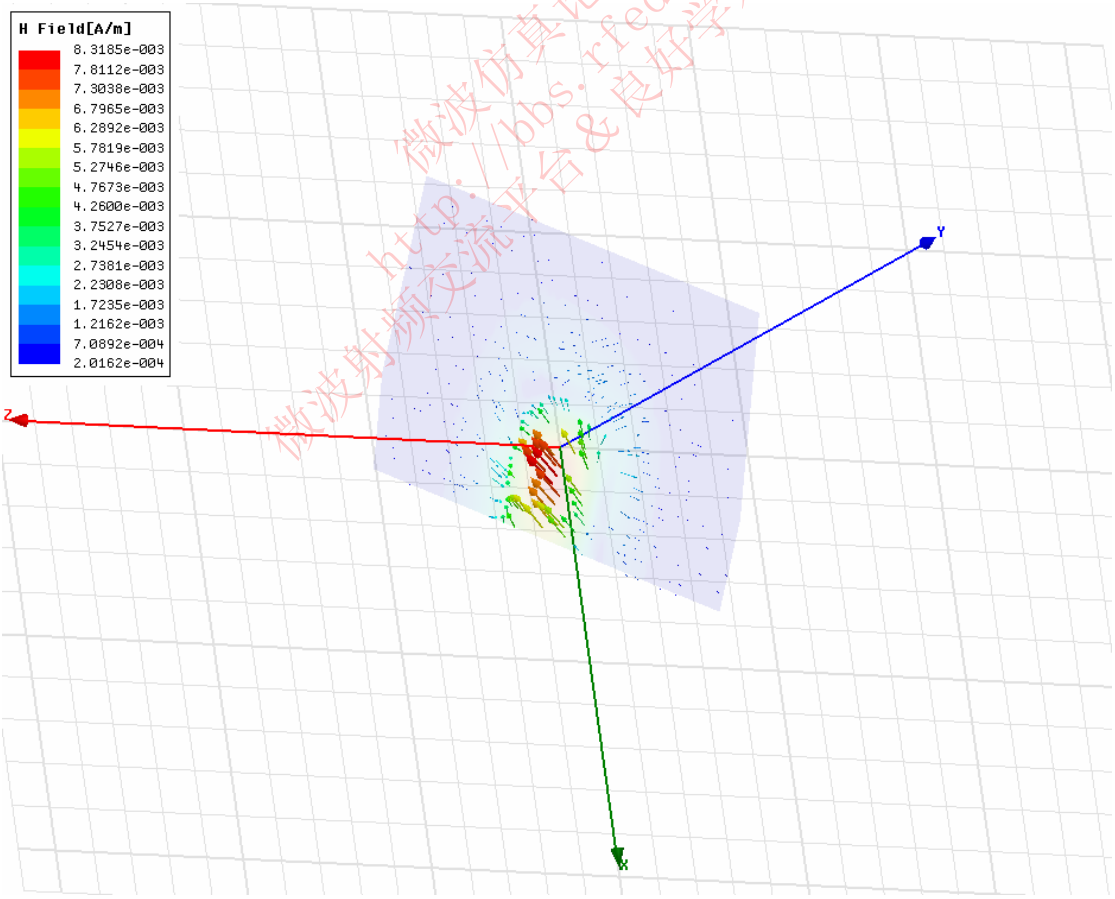


F.6.6.28

X: 0.0, Y:5.0, Z: 0.0, 按 **Enter** 键结束

6) 选择 **RelativeCS1：XY**

7) 选择 ***HFSS*** > ***Fields*** > ***Fields*** >***H*** >***Mag_H***，设置相位为 180 度，其余默认。对 **Vector_H** 进行相同的操作。



F.6.6.29（模 1）

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

八）优化设置-参扫

1. 下面我们来看看改变腔体高度$\mathbf{H_{Wall}}$时，谐振频率如何变化。使用HFSS优化。
2. 由于前面我们已经给结构设置了参数$\mathbf{H_{Wall}}$，下面只要创建一个参数扫描。然后我们可以产生模变化的趋势线。

注：这个训练会花费相当一段时间，这完全取决于你的计算机性能。在 2.2GHz，130M 内存的计算机上需要花费大约 3.5 小时。（我的计算机 3.2GHz，2G 内存，总共花了 22 分 35 秒——译者注）因此，如果你想做这部分练习，你可能要分配更多的时间到 HFSS Ansoft 训练课。不管如何，想学习在 HFSS 中结合本征模解算进行参数分析，这部分练习对你来说是个重要的见识。因此，你也许需要考虑一下：

1） 把最大计算步数减少到 8

2） 减少 HWall 步数到 4（在分析设置中使用‘**Linear Count**’）

3） 减少计算得到模的数目到 4（$TE_{0,m,\delta}$，$TM_{0,m,\delta}$ 和 $HEM_{n,m,\delta}$ 模+1 衰减模）

九）增加一个参数扫描

1. 选择菜单 ***HFSS > Optimetrics Analysis> Add parametric***
2. 在扫描分析（**Sweep Analysis**）窗口：
   1) 点击 **Sweep Definitions** 属性页：
      a) 单击 **Add** 按钮
      b) 在 **Add/Edit Sweep** 对话框：
         - 设置变量 Variable：**HWall**
         - 选择 Select **Linear Step**
         - Start：**6mm**
         - Stop：**15mm**
         - Step：**1mm**
         - 单击 **Add>>**按钮
         - 单击 **OK** 按钮
   2) 点击 General 属性页：
      a) 勾选‘**Save Fields**’复选项

      （应该是 **Options** 属性页中的‘**Save Fields and Meshes**’复选项——dfmt 注）
   3) 单击 **OK** 按钮

九、保存工程

一）具体操作步骤：

1. 在 HFSS 窗口，选择菜单 ***File > Save*** .

十、分析

一）执行仿真求解：

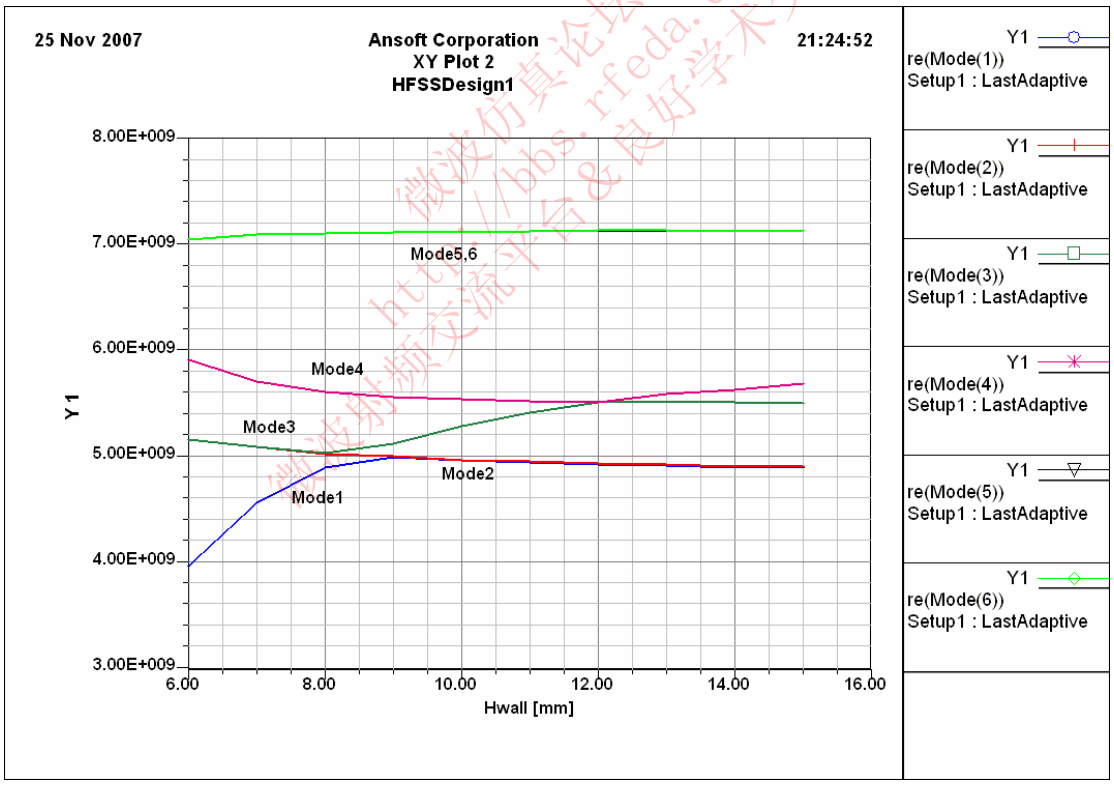
1. 选择菜单 ***HFSS > Analyze***
   1) 正如前面所提到的，这步将花费几个小时来计算，取决于你的求解设置。

十一、创建报告

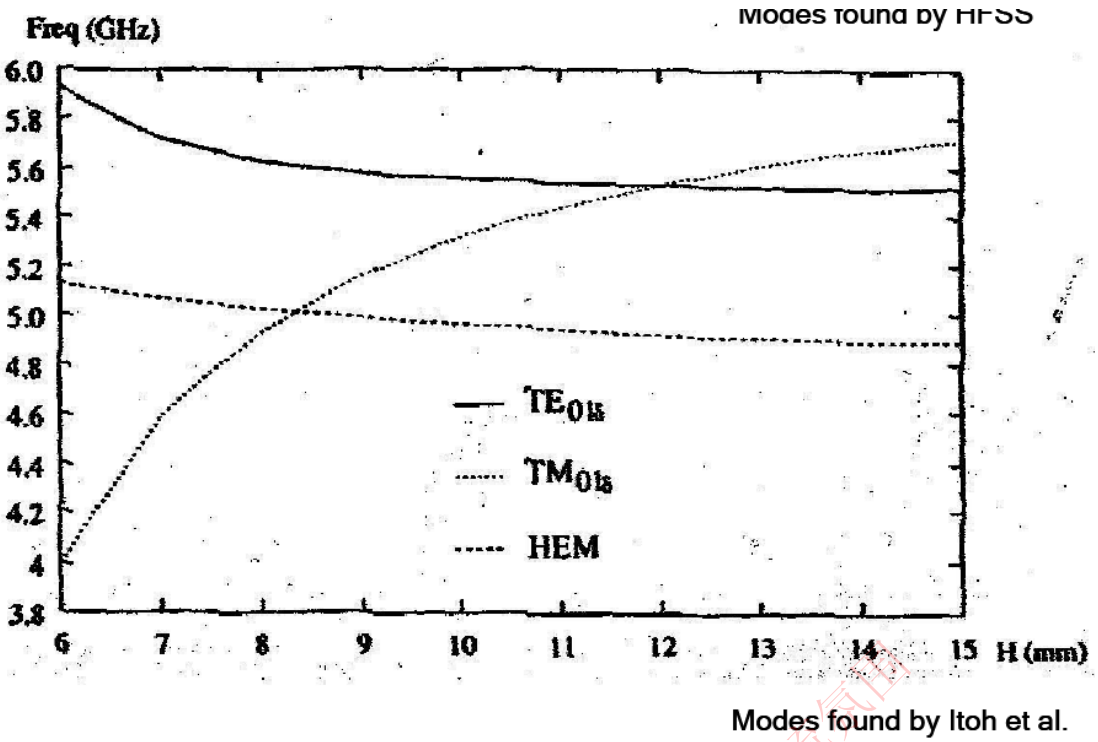
一）创建模随$\mathbf{H_{Wall}}$变化的图表

1.操作步骤：

1) 选择菜单 ***HFSS > Results > Create Report***
2) 在建立报告（**Create Report**）窗口：
   a. 设置报告类型 **Report Type：Eigenmode Parameters** （本征模参数）
   b. 显示类型 **Display Type：Rectangular** （直角）
   c. 单击 **OK** 按钮
3) 在迹线（**Traces**）窗口：
   a. 设置解算方案 **Solution：Setup1：LastAdaptive**
   b. 单击 **Sweep** 属性页
      - 单击 **Sweep Design and Project Variable Values** 选项，使扫描参数可见而不仅仅是名义上的设计
      - 确定$\mathbf{H_{Wall}}$出现在表格中**Name**栏顶部
   c. 单击 **Y** 属性页
      - 设置类别 **Category：Eigen Modes**
      - 参量 **Quantity：Mode（1），Mode（2），...Mode（6）**.
      - **Function：Re**
      - 单击 **Add Trace** 按钮
   d. 单击 **Done** 按钮
4) 可以得到如下图表所示结果，参考书上的结果见 F.6.6.31



F.6.6.30



F.6.6.31

十二、模随H_{Wall}变化的参量研究

一）从上面模的研究看，结果在定性上看起来是相同的。但是被认为是$TM_{01\delta}$的‘Mode 1’看起来朝 4.92GHz接近而不是在H_{Wall}=15mm时升至 5.72GHz。这似乎是个错误的结果，但事实上不是。这是由于下面的情况引起的：

1. HFSS 在给模排序时，总是把最低的谐振频率作为‘Mode 1’，次低的谐振频率总是‘Mode 2’，等等，如下：

$$f_{Mode1} < f_{Mode2} < f_{Mode3} < \ldots < f_{Mode[n]}$$

二）因此与结果相关联时要把这个情况考虑在内，看下面

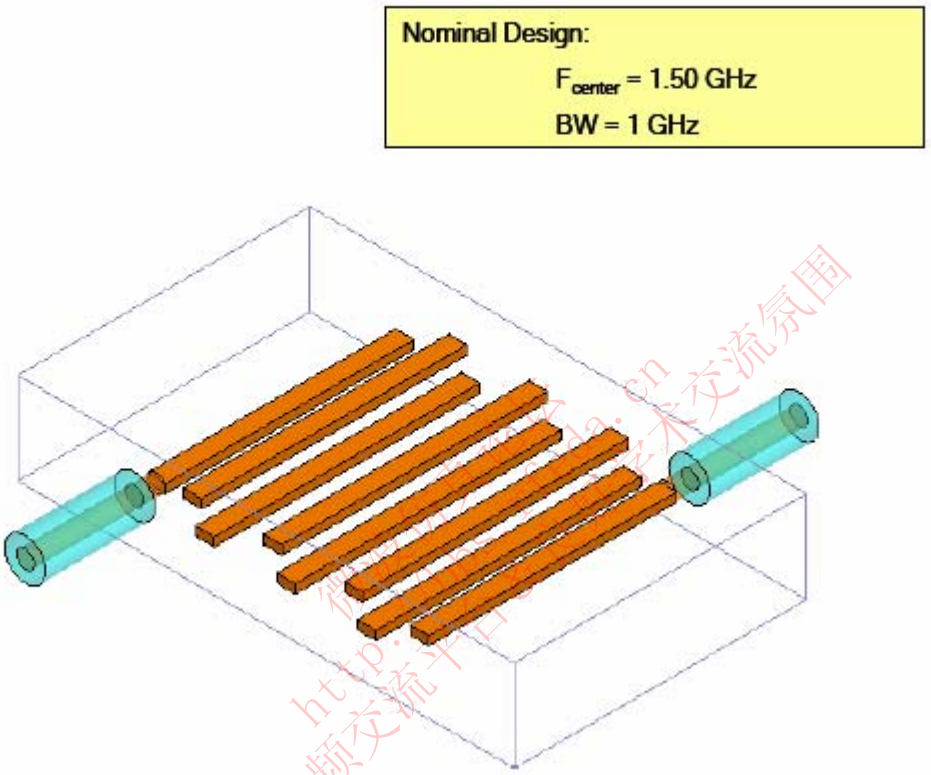
1. $TE_{01\delta}$模在Hwall=12mm之前被表示成Mode 4，在这之后被表示成Mode 3
2. $TM_{01\delta}$模在HWall=8mm之前被表示成Mode 1，然后直到 12mm被表示成Mode 3，最后直到 16mm被表示成Mode 4
3. 混合模 HEM，在 HWall=8mm 之前被表示成 Mode 3，然后是 Mode 1/Mode 2（将衰减）

三）如果我们要不对照原参考书得到上面的结论，可以通过 HFSS 画出的场图来得出是哪种模。但是当你发现这是一个多么简单容易的问题时，就不需要在整个模型范围或部分模型范围的某个平面上绘制电场和/或磁场幅度分布图了。

第七章 滤波器实例

第一节 带通滤波器

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析一个带通滤波器建立模型



F.7.1 1

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一. 开始：

一）开启 Ansoft HFSS

1. 进入 Ansoft HFSS, 点击 Microsoft 中的开始菜单，选择程序，然后选择 Ansoft HFSS 10 程序组。点击 HFSS 10。

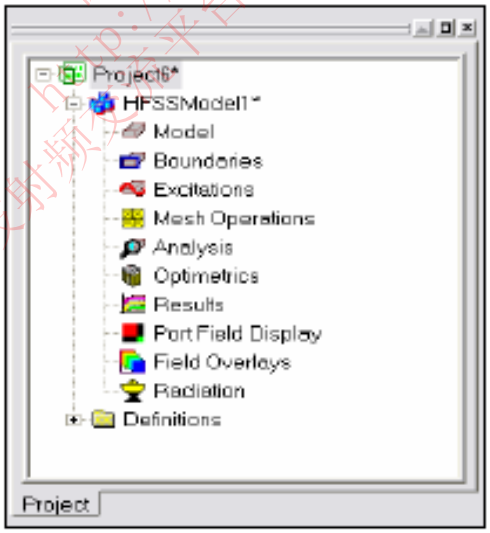
二）设置工具选项

注意：在这个例子中，根据以下的步骤大纲来核实其中工具选项的设置：

1. 选择菜单 *Tools > Options > HFSS Options*
2. *HFSS Options* 窗口：
   1）选择点击 *General*
      a. 确认该项“*Use Wizards for data entry when creating new boundaries*”前打勾；
      b. 确认该项“*Duplicate boundaries with geometry*”前打勾；
   2）点击 *OK* 按钮。
3. 选择菜单 *Tools > Options > 3D Modeler Options.*
4. 在 *3D Modeler Options* 窗口中：
   1）选择点击 *Operation*
      a. 确认该项“*Automatically cover closed polylines*”前打勾；
   2）选择点击 *Drawing*
      b. 确认该项“*Edit property of new primitives*”前打勾；
   3）点击 OK 按钮。

三）建立一个新的项目

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，在工具条中点击 ，或者在菜单条中选择 *File>New*
2. 从 *Project* 中，选择 *Insert HFSS Design*

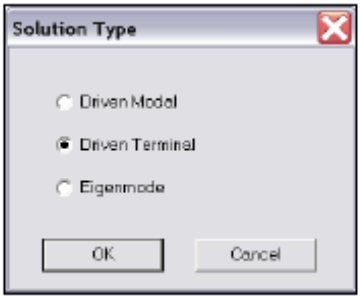


F.7.1 2

四）设置求解类型

1. 选择菜单 *HFSS>Solution Type*
2. 在 *Solution Type* 的窗口中，选择 *Driven Terminal*
3. 点击 *OK* 按钮

微波射频设计平台 e 良好学术交流氛围 http://bbs.rfeda.cn

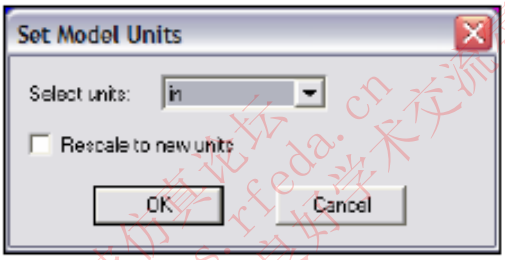


F.7.1 3

二. 建立 3D 模型

一）设置模型单位

1. 选择 *3D Modeler>units*
2. 设置模型单位，选择单位：*in*
3. 点击 *OK* 按钮



F.7.1 4

二）设置默认的材料

1. 用 3D 模型材料的工具条，选择 *vacuum*

F.7.1 5

三）建立空气腔体（box）

1. 选择菜单 *Draw>Box*
2. 在坐标输入的地方，输入盒子的一个角点的位置：
   X:－1.0，Y－1.7，Z：－0.3125.输完，按 *Enter* 键
3. 再使用坐标输入，输入盒子的对角点的相对位置。
   dx:2.0, dy:3.4, dz:0.0。输完，按 *Enter* 键
4. 使用坐标输入，输入盒子的高度。
   dx:0.0, Y:0.4, Z:0.625。输完，按 *Enter* 键（此处应是一次完成输入,我试过分开效果不好,下面圆柱体也是）

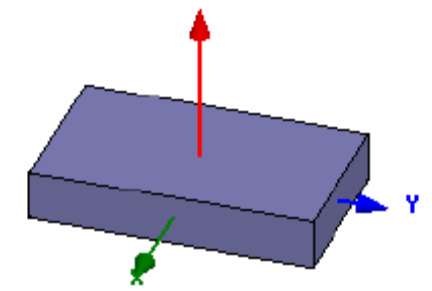
四）设置名称

1. 从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
2. 在 *Value of Name type* 中命名：air
3. 点击 *OK* 按钮。

五）察看模型

1. 选择菜单 *View>Fit All>Active View.* 或者按 *CTRL+D* 组合键。

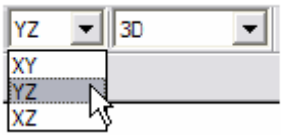
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&电磁学术交流园



F.7.1 6

六）建立同轴外导体模型

1. 从画平面的工具条中，改变活动平面到 YZ。



F.7.1 7

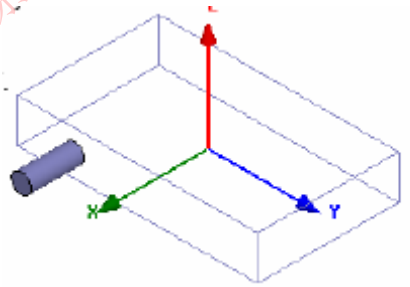
2. 选择菜单 *Draw>Cylinder*.
3. 使用坐标输入，输入中心的位置：
   1） X：1.0，Y：—0.9，Z：0.0.输完，按 *Enter* 键
4. 使用坐标输入，输入圆柱的半径。
   1） dx：0.0，dy：0.14，dz：0.0。输完，按 *Enter* 键
5. 使用坐标输入，输入圆柱的高度。
   1）dx：0.75，dY：0.0，dZ：0.0。输完，按 *Enter* 键

七）设置名称

1. 从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
2. 在 *Name* 的 *Value* 中输入：feed1
3. 点击 *OK* 按钮。

八）察看模型

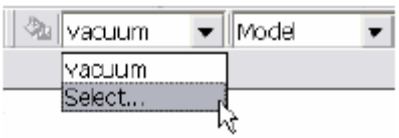
1. 选择菜单 *View>Fit All>Active View*.或者按 *CTRL+D* 组合键。



F.7.1 8

九）设置默认材料

1. 用 3D 模型材料工具条，选择 *Select*。



F.7.1 9

微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波射频交流平台&业好学术交流氛围

2. 选择定义窗口

1）在 *Search by Name* 中选择 *Pec*。

2）点击 *OK* 按钮。

十）建立同轴内导体模型

1. 选择菜单 *Draw>Cylinder*.

2. 使用坐标输入，输入中心的位置：

1）X：1.0，Y：—0.9，Z：0.0.输完，按 *Enter* 键

3. 使用坐标输入，输入圆柱的半径。

1）dx：0.0，dy：0.06，dz：0.0。输完，按 *Enter* 键

4. 使用坐标输入，输入圆柱的高度。

1）dx：0.75，dY：0.0，dZ：0.0。输完，按 *Enter* 键

十一）设置名称

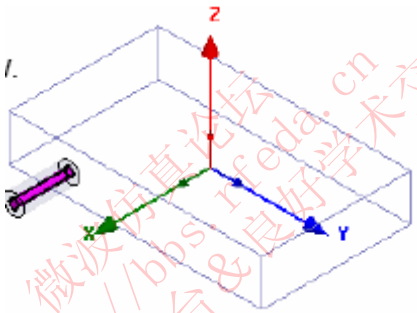
1. 从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。

2. 在 *Name* 的 *Value* 中输入：feedin1

3. 点击 *OK* 按钮。

十二）察看模型

1. 选择菜单 *View>Fit All>Active View*.或者按 *CTRL+D* 组合键。



F.7.1 10

十三）建立同轴馈电探针模型

1. 选择菜单 *Draw>Cylinder*.

2. 使用坐标输入，输入中心的位置：

1）X：1.0，Y：—0.9，Z：0.0.输完，按 *Enter* 键

3. 使用坐标输入，输入圆柱的半径。

1）dx：0.0，dy：0.06，dz：0.0。输完，按 *Enter* 键

4. 使用坐标输入，输入圆柱的高度。

1）dx：—0.15，dY：0.0，dZ：0.0。输完，按 *Enter* 键

十四）设置名称

1. 从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。

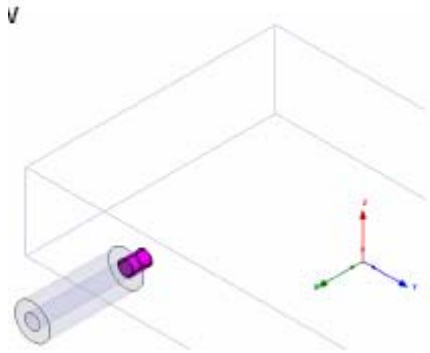
2. 在 *Value of Name type* 中命名：feedprobe1

3. 点击 *OK* 按钮。

十五）合适的察看模型

1. 选择菜单 *View>Fit All>Active View*.或者按 *CTRL+D* 组合键。

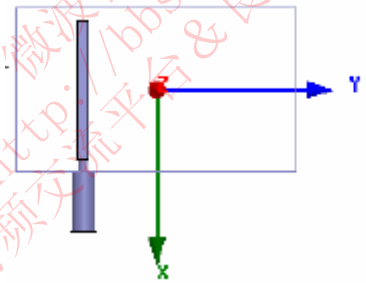
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的顺交流平台&良好学术交流氛围



F.7.1 11

十六）创建谐振器

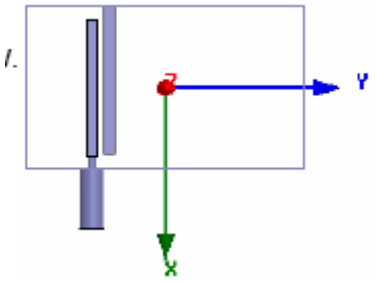
1. 创建 11
   1）选择菜单 *Draw>Box*.
   2）使用坐标输入，输入 box 的位置：
      X：0.85，Y：－0.9625，Z：－0.03.输完，按 *Enter* 键
   3）使用坐标输入，输入 box 的对角的位置。
      dx：－1.7，dy：0.125，dz：0.06。输完，按 *Enter* 键
2. 设置名称
   1）从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
   2）在 *Name* 的 *Value* 中输入：11
   3）点击 *OK* 按钮。



F.7.1 12

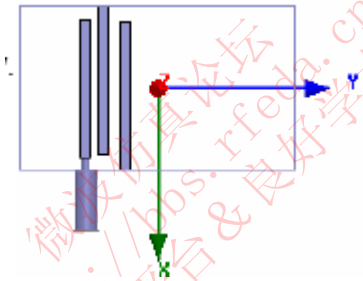
3. 创建 12
   1）选择菜单 *Draw>Box*.
   2）使用坐标输入，输入 box 的位置：
      X：－1.0，Y：－0.75，Z：－0.03.输完，按 *Enter* 键
   3）使用坐标输入，输入 box 的对角的位置。
      dx：1.818，dy：0.125，dz：0.06。输完，按 *Enter* 键
4. 设置名称
   1）从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
   2） 在 *Name* 的 *Value* 中输入：12
   3）点击 *OK* 按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.7.1 13

5. 创建 13
   1）选择菜单 *Draw>Box*.
   2）使用坐标输入，输入 box 的位置：
      X：－1.0，Y：－0.48，Z：－0.03.输完，按 *Enter* 键
   3）使用坐标输入，输入 box 的对角的位置。
      dx：－1.818，dy：0.125，dz：0.06。输完，按 *Enter* 键
6. 设置名称
   1）从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
   2）在 *Name* 的 *Value* 中输入：13
   3）点击 *OK* 按钮。



F.7.1 14

7. 创建 14
   1）选择项目菜单 *Draw>Box*.
   2）使用坐标输入，输入 box 的位置：
      X：－1.0，Y：－0.2，Z：－0.03.输完，按 *Enter* 键
   3）使用坐标输入，输入 box 的对角的位置。
      dx：1.818，dy：0.125，dz：0.06。输完，按 *Enter* 键
8. 设置名称
   1）从 *Properties* 窗口中，选择 *Attribute* 表。
   2）在 *Name* 的 *Value* 中输入：14
   3）点击 *OK* 按钮。

十七）建立波导端口

1. 选择端口面
   1）选择项目菜单 *Edit>Select>Faces*
   2）在图形上 X=1.75in 处，选择同轴端面。
2. 设置端口激励
   1）选择项目菜单 *HFSS>Excitations>Assgin>Wave Port*
   2）波导端口 Wave Port：General（一般）
      a. 名称 Name：p1
      b. 点击 *Next* 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围

3）波导端口 Wave Port：Terminals（终端）

a. 终端个数：1

b. 对 T1，点击 *Undefine* 栏目，选择 *Newline*

c. 使用坐标输入，输入矢量引点的位置：

X:1.75，Y：－0.9，Z：－0.14.输完，按 *Enter* 键

d. 使用坐标输入，输入顶点的位置。

dx:0.0, dy: 0.0, dz: －0.14。输完，按 *Enter* 键

e. 点击 *Next* 按钮

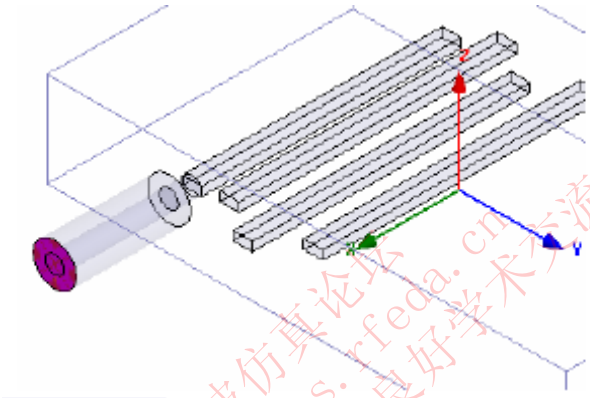
4）波导端口：Differential Pairs

a. 点击 *Next* 按钮

5）波导端口：Post Processing

b. 波导端口阻抗：50

6）点击 *Finish* 按钮



F.7.1 15

十八）设置物体的选择

1. 选择项目菜单 *Edit>Select>Objects*

十九）通过复制对余下模型的建立

1. 选择物体复制

1）选择项目菜单 *Edit>Select>By Name*

2）选择物体对话框

a. 选择这些名称的物体：feed1，feedin1,feedprobe1,l1,l2,l3,l4

注意：用 CTRL＋鼠标左键选择多个物体。

b. 点击 *OK* 按钮。

2. 建立余下的模型

1）选择项目菜单 *Edit>Duplicate>Around Axis*

a. Axis(坐标轴):Z

b. Angle（角度）：180

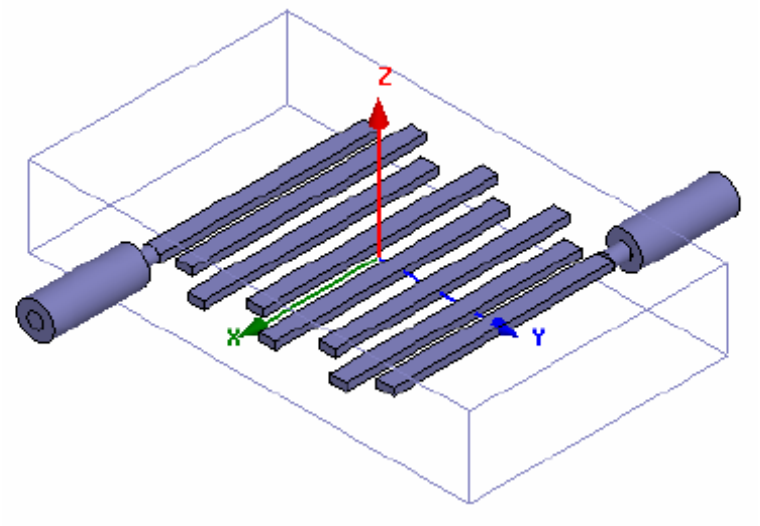
c. Total Number（所有数目）：2

d. 点击 *OK* 按钮

3. 察看模型

1）选择菜单 *View>Fit All>Active View.* 或者按 *CTRL+D.*

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.7.1 16

二十）边界显示

1. 改变边界设置

1）选择菜单 *HFSS>Boundary Display(Solver View)*。

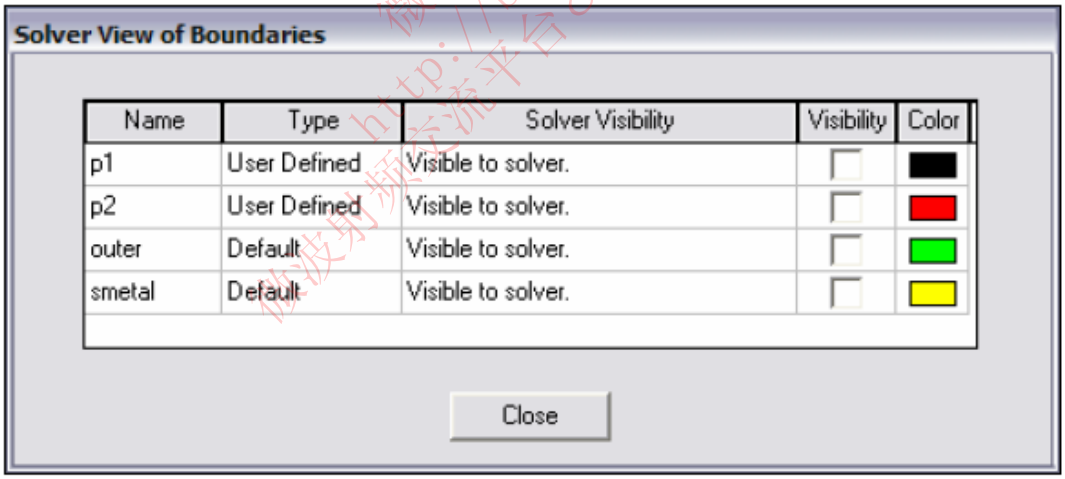
2）从边界条件解析视图中，锁定 box 中边界的显示。

注意：背景被显示为 out 边界。

注意：理想导体被显示为 smetal 边界

注意：选择菜单，*View>Visibility* 来隐藏所有的几何物体，这样就能容易看见边界。

3）设置完，就点击 *Close* 按钮。



Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
p1	User Defined	Visible to solver.		
p2	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Visible to solver.		
smetal	Default	Visible to solver.		

F.7.1 17

三. 分析设置

一）建立一个分析设置

1. 选择项目菜单 *HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup.*

2. 解析设置窗口

1） 点击 General 表。其中设置如下：

2） Solution Frequency：1.5GHz

3） Maximum Number of Passes：15

4） Maximum Delta S per Pass：0.02

3. 点击 *OK* 按钮

二）添加一个频率扫描（add Frequency Sweep）

1. 选择菜单 *HFSS>Analysis Setup>Add Sweep*

1）选择解析设置：*Setup1*

2）点击 *OK* 按钮

2. 编辑扫描窗口

1）选择扫描方式：Fast

2）频率设置类型：Linear Count

Start：0.6GHz

Stop：2.4GHz

Count：451

Save Fields：☑ Checked

3）点击 *OK* 按钮

四. 保存项目文件

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单 *File>Save As*
2. 从 *Save As* 窗口中，写出存档名称：hfss_bpf
3. 点击 *Save* 按钮

五. 分析

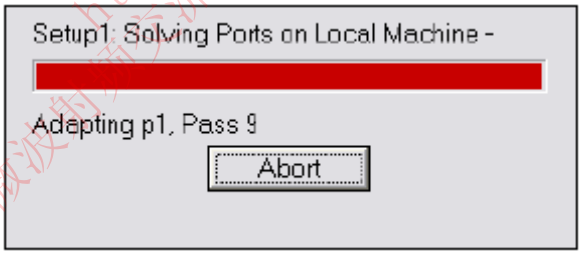
一）模型确认

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

注意：使用 Message Manager，来看任何错误和警告信息。

二）分析

1. 选择菜单 *HFSS>Analyze*



F.7.1 18

三）解析数据

1. 察看解析结果数据

1）选择菜单 *HFSS>Results>Solution Data*

a. 察看 Profile

a) 点击 Profile 表

b. 察看收敛

b) 点击 Convergence 表

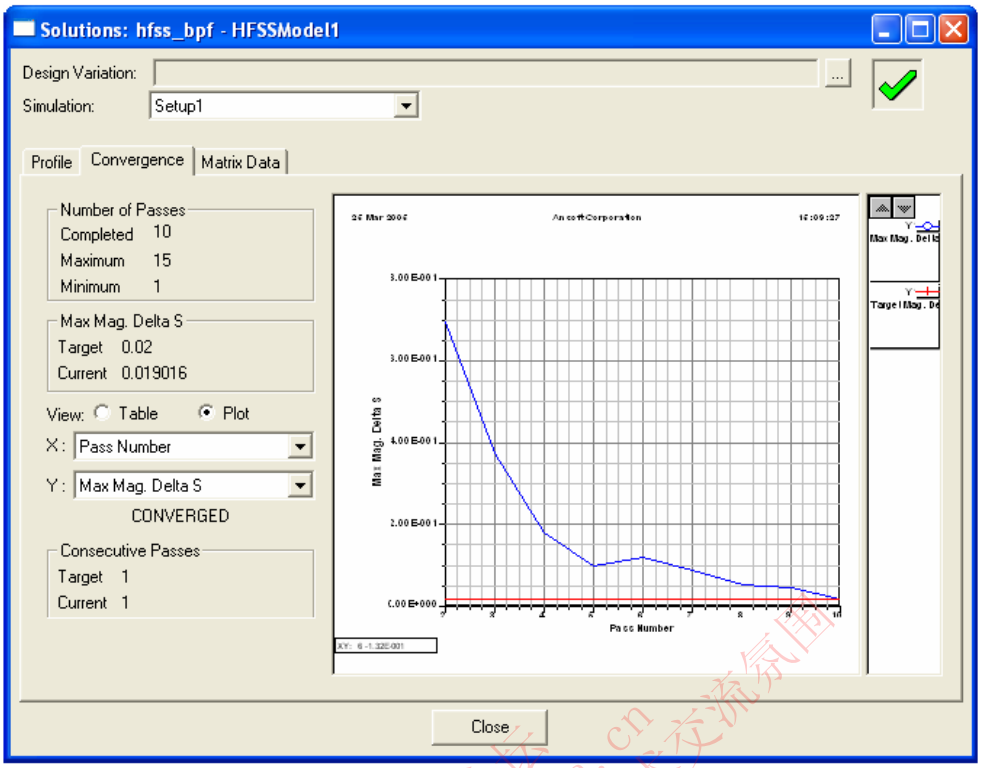
注意：默认显示的是收敛表 Table，选择 Plot 可以看到收敛数据的图象表示。

c. 察看矩阵数据

c) 点击 Matrix Data 表

注意：设置仿真为 Setup1，Last Adaptive，可以看实时的矩阵数据更新。

2）点击 *Close* 按钮



F.7.1 19

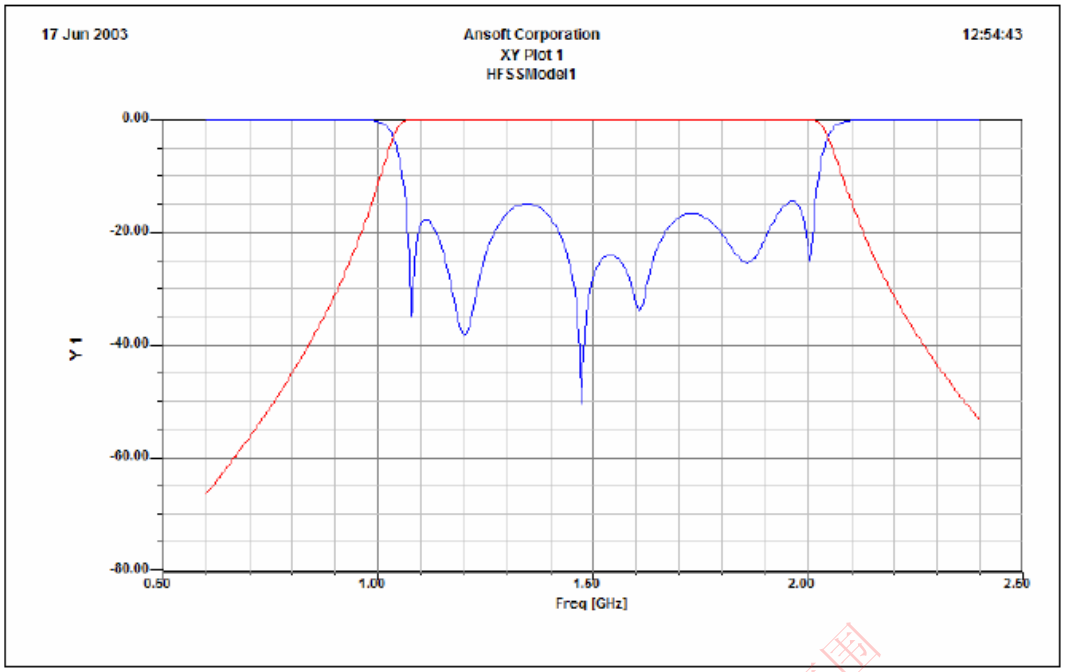
六. 建立仿真报告

一）察看 S 参数的结果

1. 选择菜单 HFSS>Result>Create Report
2. 建立报告窗口
   1）报告类型：Terminal S Parameters
   2）显示类型：Rectangular
   3）点击 OK 按钮
3. 画图窗口（Traces）
   1）解析：Setup1：Sweep1
   2）点击 Y 表
      a. Domain: Sweep
      b. Category: Terminal S-Parameters
      c. Quantity: S(p1,p1), S(p2,p1)
      d. Function: dB
      e. 点击 *Add Trace* 按钮
   3）点击 *Done* 按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



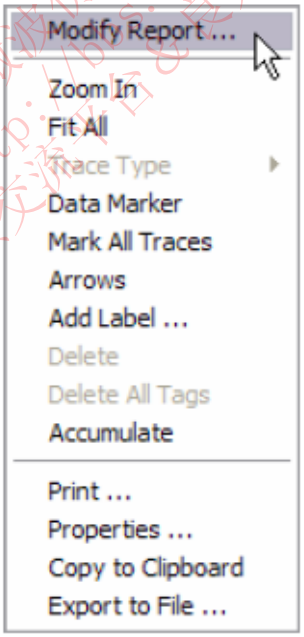
F.7.1 20

二）在已存在的图中添加一个图

1. 改变一个已存在的图

1）鼠标右键点击已存在的图

2）选择菜单：Modify Report



F.7.1 21

2. 添加一个新图

1）图窗口

a. 解析：Setup1：Sweep1

b. 点击 Y 表

a) Domain: Sweep

b) Category: Terminal S-Parameters

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 共好学术交流氛围

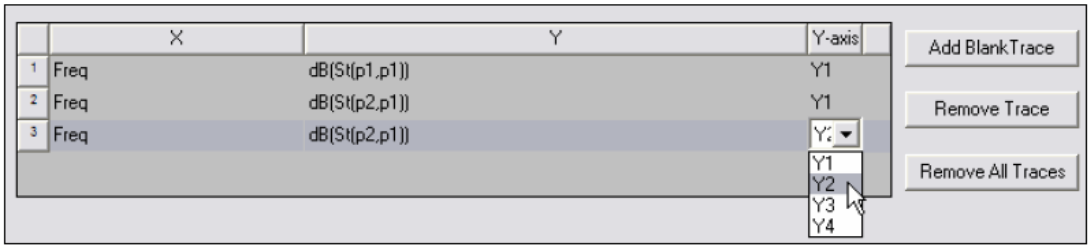
c) Quantity: S(p1,p1), S(p2,p1)

d) Function: dB

e) 点击 *Add Trace* 按钮

2)从顶部 Traces 窗口中列表，为第二个例子 S（p2，p1）选择 Y2

3)点击 *Done* 按钮。



F.7.1 22

三）改变画图比例

1. 画图窗口

1）双击 Y 轴右侧

2）Y 轴特性窗口

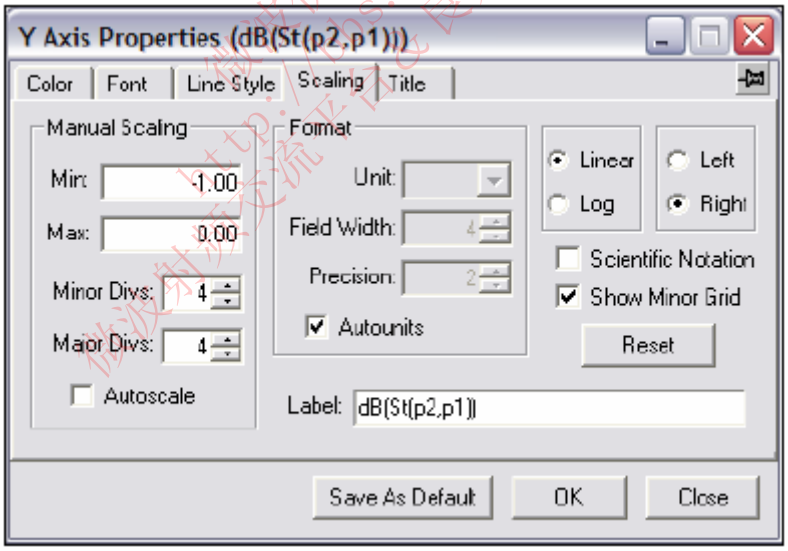
a. 点击 Scaling 表

b. Autoscale：Unchecked

c. min：－1.0

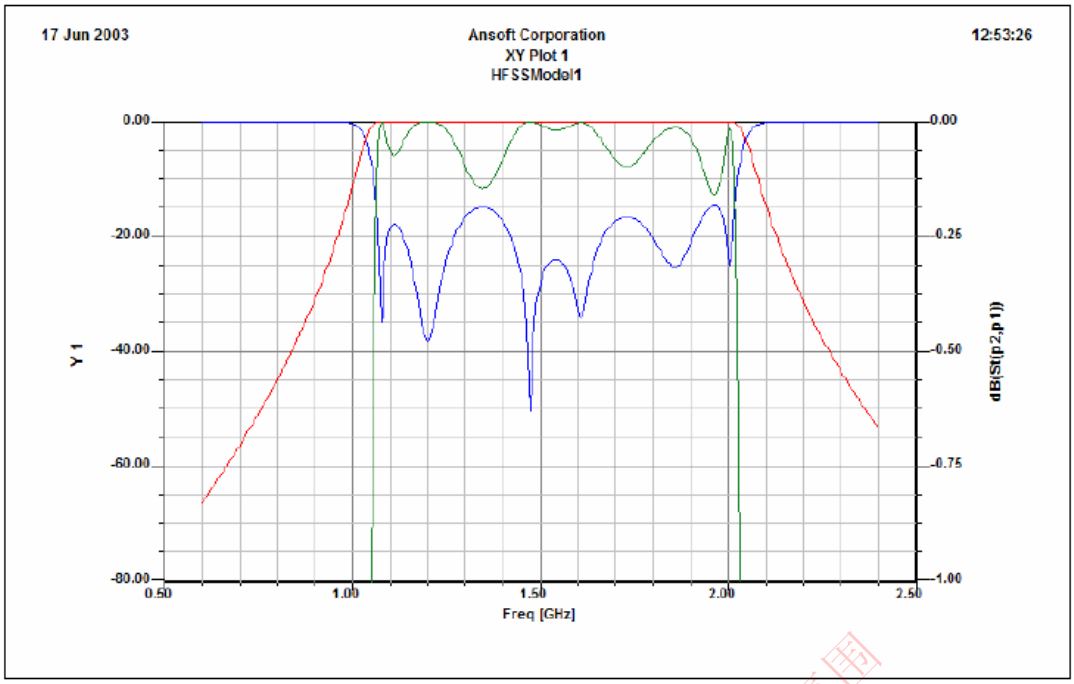
d. max：0.0

e. 点击 OK 按钮



F.7.1 23

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.7.1 24

七. 场覆盖图

一）设置激励源：Terminate Port

1. 设置端口终端

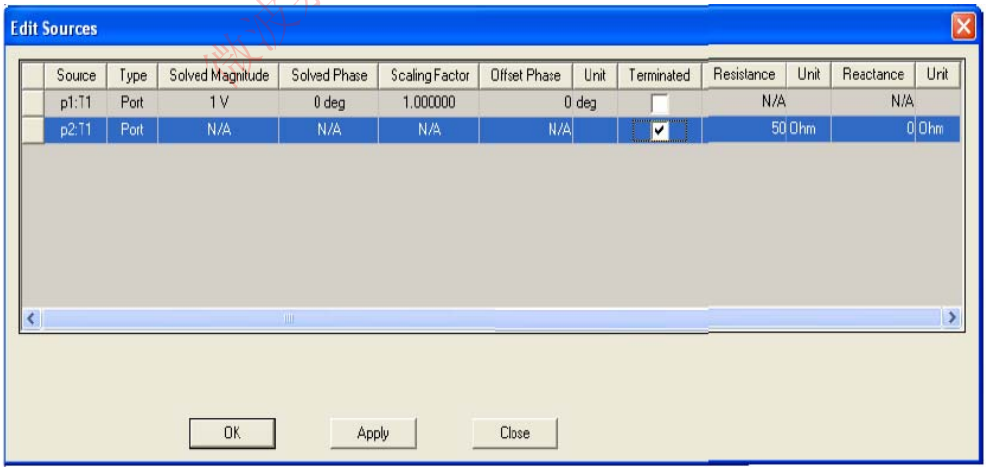
1）选择菜单 HFSS>Fields>Edit Sources

2）编辑激励源窗口

a. 选择源：p2：T1

- Terminated: ☑ Checked
- Resistance: 50
- Reactance: 0

b. 点击 OK 按钮。



F.7.1 25

二）创建电磁场覆盖图

1. 选择 Global XY 平面

1）使用 Model Tree，展开 Planes

a. 选择 Global：XY

2）选择菜单 HFSS>Fields>E>Mag_E

3）创建电磁场画图窗口

a. Solution：Setup1：LastAdaptive

b. Quantity：Mag_E

c. In Volume：All

d. 点击 Done 按钮

2. 修改电磁场画图的属性

1）选择菜单 HFSS>Field>Modify Plot Attributes

2）选择 Plot Folder 窗口

a. 选择：E Field

b. 点击 OK 按钮

3）E-Field1 窗口

a. 点击 Scale 表。

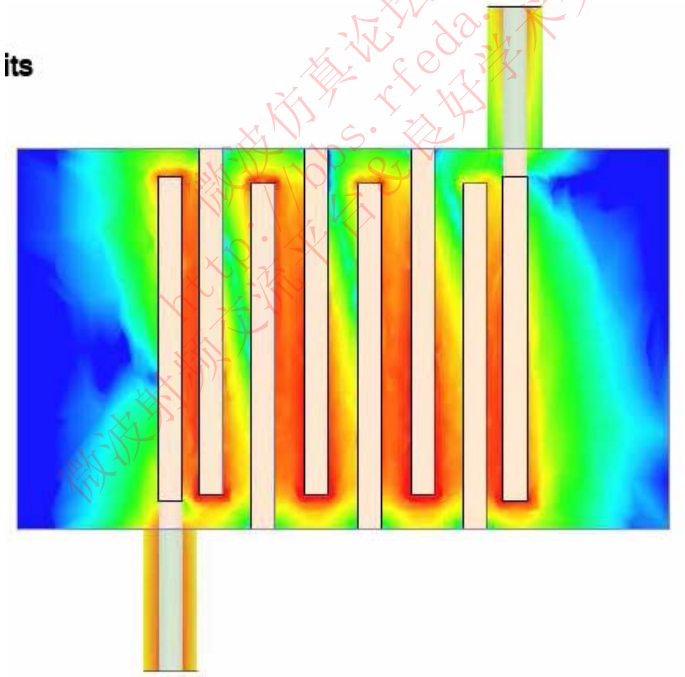
a）Select Use Limits

b）Min: 5

c）Max: 1500

d）Scale: Log

b. 点击 *Close* 按钮。

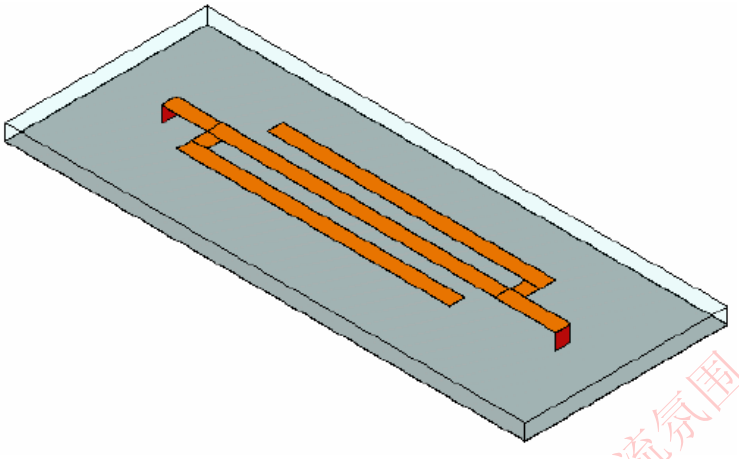


F.7.1 26

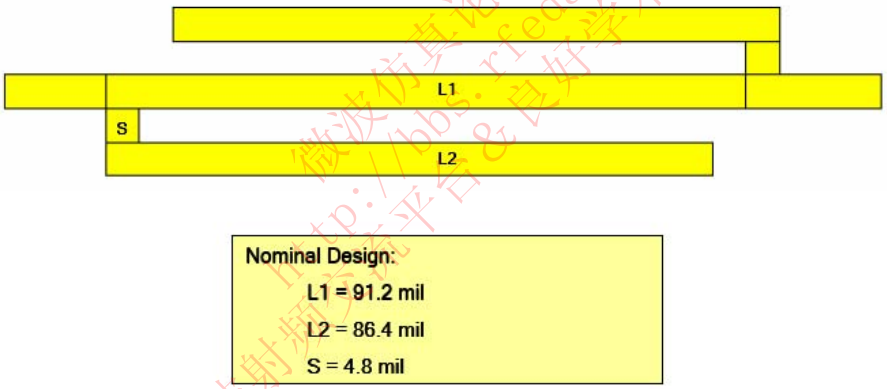
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

第二节 微带带阻滤波器

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析一个微带带阻滤波器。



F.7.2 1



F.7.2 2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一. 开始

一）启动 Ansoft HFSS

1.点击 **start** 菜单，选择 **Programe**，然后选择 **Ansoft>HFSS 10**，点击 **HFSS 10.**

二）设置工具选项

1.设置工具选项

注意：在本例中，按照下面的步骤，来确认工具选项设置。

1） 选择菜单 **Tools>Options>HFSS Options**

2） **HFSS Option** 窗口：

a. 点击 **General** 表

确认下面 2 点

- Use Wizards for data entry when creating new boundaries: ☑ **Checked**
- Duplicate boundaries with geometry: ☑ **Checked**

b. 点击 **OK**。

3） 选择菜单 **Tools>Options>3D Modeler Options**

4） **3D Modeler Options** 窗口：

a. 点击 **Operation** 表

- Automatically cover closed polylines: ☑ **Checked**

b. 点击 **Drawing** 表

- Edit property of new primitives: ☑ **Checked**

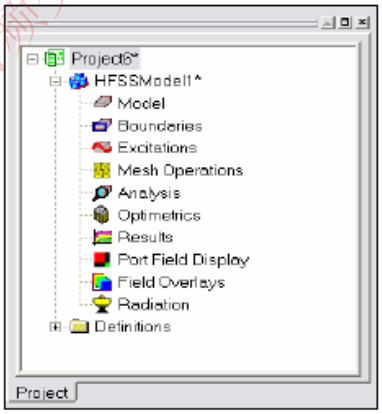
c. 点击 **OK**。

三）打开一个新项目

1. 打开一个新项目

1）在 **Ansoft HFSS** 窗口中，在工具栏中点击按钮 ，或者选择菜单 **File>New**

2）从 **Project** 菜单中，选择 **Insert HFSS Design**



F.7.2 3

四）设置解决的类型

1. 设置解决的类型

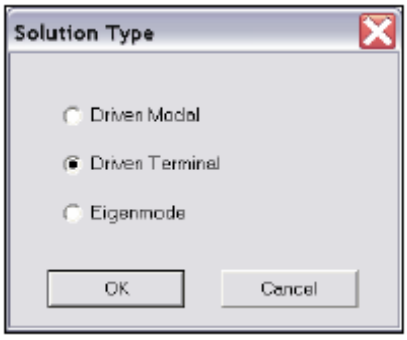
1）选择菜单 **HFSS>Solution Type**

2) **Solution Type** 窗口

a. 选择 **Driven Terminal**

b. 点击 **OK**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.7.2 4

二. 建立 3D 模型

一） 设置模型单位

1. 设置单位

   1） 选择菜单 **3D Modeler>Unit**

   2） 设置模型单位

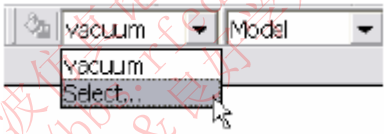
      a. 选择单位：**mil**

      b. 点击 **OK**。

二）设置初始材料

1. 设置初始材料

   1） 使用 3D 模型材料工具栏，选择 **Select**

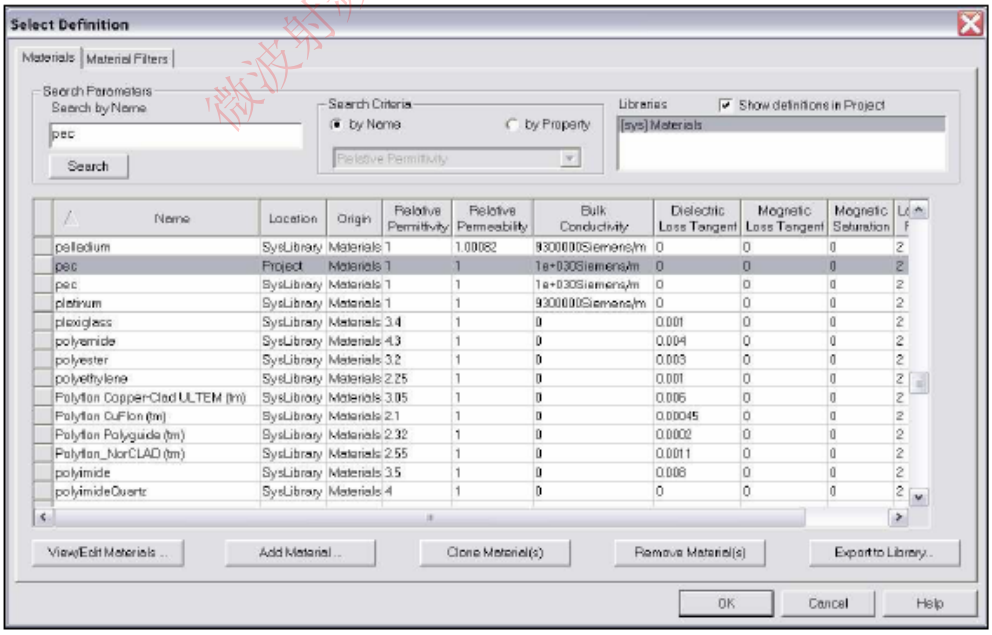


F.7.2 5

   2） **select definition** 窗口

      a. 在 **Search by name** 的栏中，写下 **PEC**

      b. 点击 **OK**



F.7.2 6

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

三）创建 Input1

1. 创建 Input1

1） 选择菜单 **Draw>Box**

2） 使用坐标输入，输入所画盒子的坐标

▲ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0, 点击 **Enter** 键。

3） 使用坐标输入，输入所画盒子的相对角的坐标

▲ dX: -4.8, dY: -14.4, dZ: 0.1, 点击 **Enter** 键。

2. 设置名称

1） 从 **Properties** 窗口中，选择 **Attribute** 表.

2） 在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Input1**

3） 点击 **OK**

3. 合适的可视

1）选择菜单中 **View>Fit All>Active View**

四） 创建 L1

1. 创建 **L1**

1）选择菜单 **Draw>Box**

2）在坐标输入地方，输入盒子的坐标

▲ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0, 按 **Enter** 键。

3） 在坐标输入地方，输入盒子的相对角的坐标

▲ dX: -4.8, dY: 91.2, dZ: 0.1, 按 **Enter** 键

2. 确定所画盒体的参数

1）从 **Properties** 窗口中，选择 **Command** 表。

2）对于 **YSize**，输入：**L1**，确认即点击 **Tab** 键

a. 添加变量 **L1**：**91.2mil**，点击 **OK**。

3. 设置名称

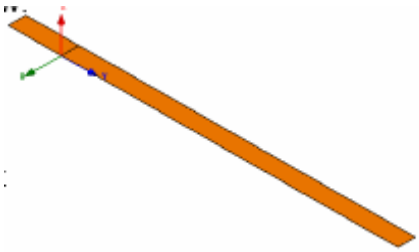
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**L1**

3）点击 **OK**

4. 合适的窗口察看模型

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 7

五）创建 S_Stub1

1. 创建 S

1） 选择菜单 **Draw>Box**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2） 在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

- X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0, 按 **Enter** 键。

3） 在坐标输入的地方，输入盒子相对角的坐标

- dX: 4.8, dY: 4.8, dZ: 0.1,按 **Enter** 键。

2. 确定所画盒体的参数

1）从 **Properties** 窗口中，选择 **Command** 表。

2）对于 **XSize**，输入：**S**，确认即点击 **Tab** 键

a. 添加变量 **S**：**4.8mil**，点击 **OK**。

3. 设置名称

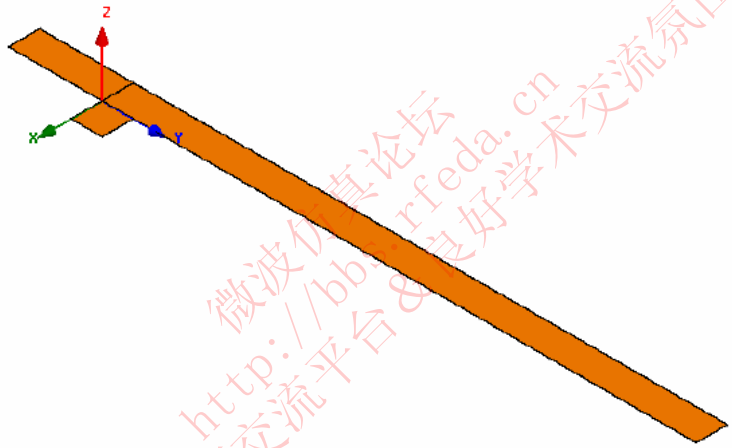
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**S_Stub1**

3）点击 **OK**

4. 合适的窗口察看模型

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&爱好学术交流氛围

六）设置网格面

1. 设置网格平面

1） 选择菜单 **3D Modeler>Grid Plane>XZ**

七）建立 Source1

1. 建立源

1） 选择菜单 **Draw>Rectangle**

2） 在坐标输入的地方，输入一个坐标

a. **X: 0.0 , Y: -14.4 , Z: 0.0** , 按 **Enter** 键。

3） 在坐标输入的地方，输入该矩形面的另一个角点的相对坐标

a. **dX: -4.8 , dY: 0.0 , dZ: -5.0** , 按 **Enter** 键。

2. 设置名称

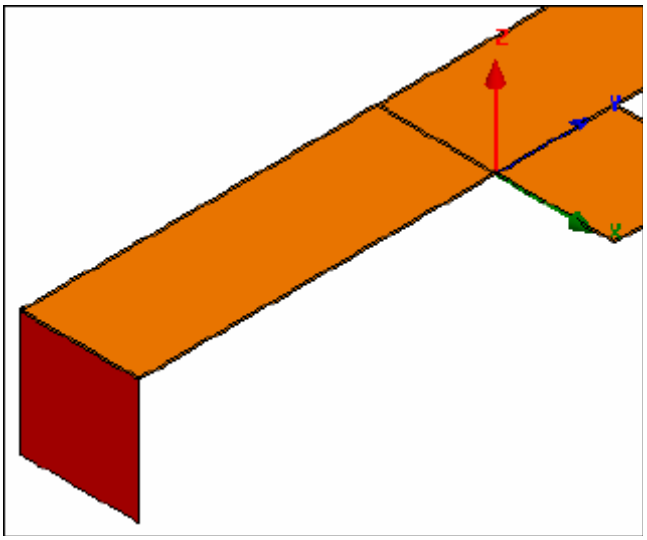
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Source1**

3）点击 **OK**

3. 合适的窗口显示

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 9

八）设置激励

1. 选择物体的源

1） 选择菜单 **Edit>Select>By Name**

2） 选择物体对话框

a. 选择物体的名称：**Source1**

b. 点击 **OK**。

注意：你也可以在模型树形结构中选择该物体。

2. 设置 Lumped 端口激励

1） 选择菜单 **HFSS>Excitations>Assign>Lumped Port**

2） Lumped 端口：**General**

a. Name：p1

b. Resistance：50

c. Reactance：0

d. 点击 next 按钮

3） Lumped 端口：Terminals

a. Number of Terminals:1

b. 对于 T1，点击 **Undefined** 栏，选择 **New Line**

c. 在坐标输入地方 ，输入矢量的坐标

a. **X: -2.4 , Y: -14.4 , Z: -5.0,** 按 **Enter** 键。

d. 在坐标输入的地方，输入顶点相对坐标

a. **dX: 0.0 , dY: 0.0 , dZ: 5.0**, 按 **Enter** 键。

4） 点击 Next 按钮。

5） Wave 端口：Post Processing

a. Full Port Impedance: 50

九）设置网格平面

1. 设置网格平面

1） 选择菜单 **3D Modeler>Grid Plane>XY**

十）建立偏移坐标系统

1. 建立偏移坐标系统

1） 选择菜单 **3D Modeler >Coordinate System>Creat>Relative CS>Offset**

2） 在坐标输入的地方，输入原始坐标 **X:4.8 , Y: 0.0 , Z: 0.0,**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&切好学术交流氛围

建立工作坐标系

A 选择菜单 **3D Modeler>Coordinate System>Set Working CS**

B 选择 **Coordinate System** 窗口

a) 从列表中，选择 **CS：RelativeCS1**

b) 点击 **Select** 按钮

2. 设置名称

1）注意:在选择坐标系后,属性将在属性窗口中显示,如果你没有看到属性,重复上述步骤或在 modeltree 中查看

在 **Name** 的 **Value** 输入：**CS_Stub1**

3. 确定原始的参数

1）在 **Origin** 的 **Value** 中输入：**S，0，0**，接受即点击 **Tab** 键

十一） 为 Stub1 建立 L2

1. 建立 L2

1）选择菜单 **Draw>Box**

2) 在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

a. **X: 0.0 , Y: 0.0 , Z: 0.0,** 按 **Enter** 键。

3） 在坐标输入的地方，输入该盒子另一个对角的相对坐标

a. **dX: 4.8 , dY: 86.4 , Z: 0.1,** 按 **Enter** 键。

2. 确定该物体的参数

1） 从 **Properties** 窗口中选择 **Command** 表

2） 对于 **YSize**，输入：**L2**，接受即点击 **Tab** 键

a. 添加变量 **L2：86.4mil**，点击 **OK**

3. 设置名称

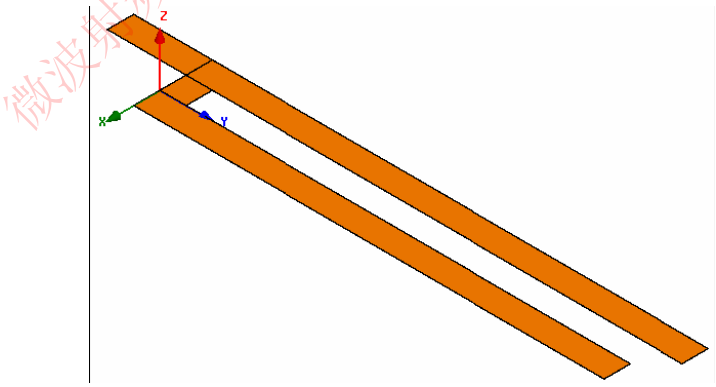
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**L2_Stub1**

3）点击 **OK**

4. 合适的窗口显示

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 10

十二） 设置工作坐标系统

1. 设置工作坐标系统

1） 选择菜单 **3D Modeler>Coordinate Systerm>Set Working CS**

2） 选择 **Coordinate System** 窗口

a. 从列表中，选择 **CS：Global**

b. 点击 **Select** 按钮

十三） 建立偏移坐标系统

1. 建立偏移坐标系统

1) 选择菜单 **3D Modeler >Coordinate System>Creat>Relative CS>Offset**

2) 在坐标输入的地方，输入原始坐标

a. **X: -4.8, Y: 91.2, Z: 0.0,** 按 **Enter** 键。

十四） 设置工作坐标系统

1.设置工作坐标系统

1)选择菜单 **3D Modeler>Coordinate Systerm>Set Working CS**

2)选择 **Coordinate System** 窗口

a. 从列表中，选择 **CS：Global**

b. 点击 **Select** 按钮

2.设置名称

1）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**CS_L1**

3.确定原始参数

1）在 **Origin** 的 **Value** 中输入：**-4.8，L1，0**，点击 **Tab** 键来确认

十五） 建立 Input2

1.建立 input

1）选择菜单 **Draw>Box**

2) 在坐标输入地方，输入盒子的坐标

a. **X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,** 按 **Enter** 键

3）在坐标输入的地方，输入盒子对角的相对坐标

a: **dX:4.8, dY:4.8+14.4, dZ:0.1**，按 **Enter** 键

2. 设置名称

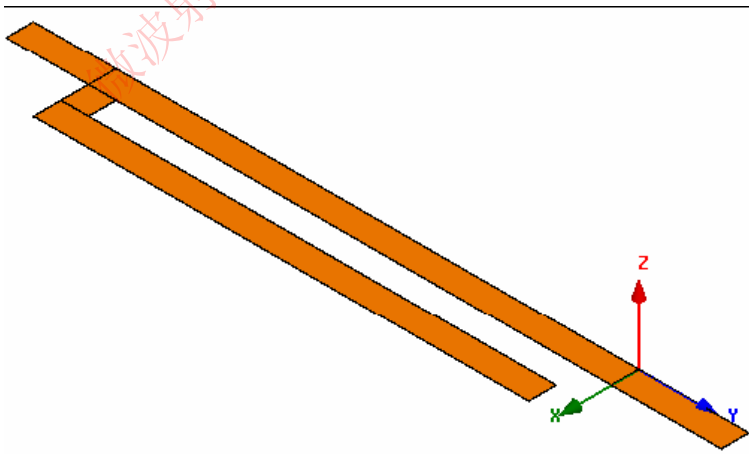
1)在 **Properties** 窗口中，选择 **Attribute** 表

2)在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Input2**

3)点击 OK

3.合适窗口显示

1)选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 11

十六） 建立 S_Stub2

1.建立 S

1)选择菜单 **Draw>Box**

2)在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

a. **X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,** 按 **Enter** 键。

3)在坐标输入的地方，输入盒子对角的相对坐标

a. **dX:-4.8, dY:4.8, dZ:0.1,** 按 **Enter** 键。

2. 确定所画盒体的参数

1）从 **Properties** 窗口中，选择 **Command** 表。

2）对于 **XSize**，输入：**-S**，点击 **Tab** 键来确认

3. 设置名称

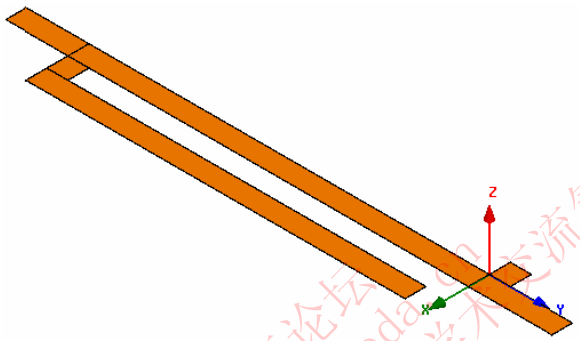
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**S_Stub2**

3）点击 **OK**

4. 合适的窗口

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



十七） 设置网格平面

1.设置网格平面

1）选择菜单 **3D Modeler>Grid Plane>XZ**

十八） 建立 Source2

1.建立 source

1）选择菜单 **Draw>Rectangle**

2) 在坐标输入的地方，输入一个坐标

a. **X: 0.0 , Y: 4.8+14.4 , Z: 0.0** , 按 **Enter** 键。

3)在坐标输入的地方，输入该矩形面的另一个角点的相对坐标

a. **dX: 4.8 , dY: 0.0 , dZ: -5.0 ,** 按 **Enter** 键。

2. 设置名称

1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

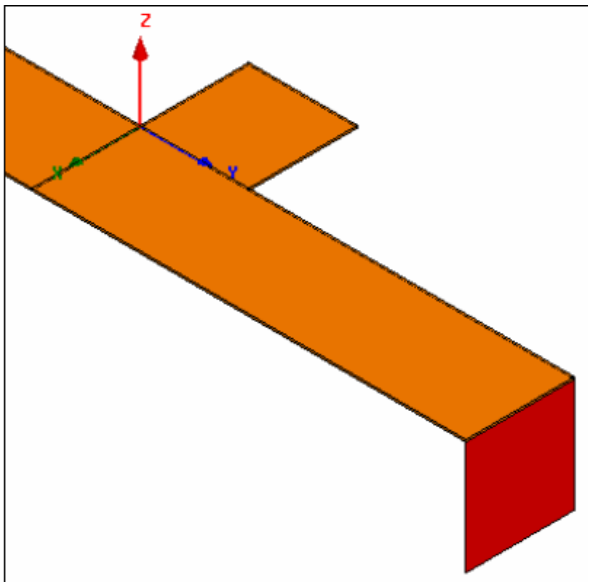
2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Source2**

3）点击 **OK**

3. 合适的窗口

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.7.2 12

十九） 设置激励

1.选择物体的源

1）选择菜单 **Edit>Select>By Name**

2）选择物体对话框

a.选择物体的名称：**Source1(此处应为 source2,source1 之前已定义过)**

b.点击 **OK**。

注意：你也可以在模型树形结构中选择该物体。

2.设置 Lumped 端口激励

1)选择菜单 **HFSS>Excitations>Assign>Lumped Port**

2)Lumped 端口：**General**

a. **Name：p1(与前面相同,改为 p2,p1 已用过)**

b. **Resistance：50**

c. **Reactance：0**

d.点击 **next** 按钮

3) Lumped 端口：**Terminals**

a. Number of Terminals:1

b. 对于 **T1**，点击 **Undefined** 栏，选择 **New Line**

c. 在坐标输入地方 ，输入矢量的坐标

X: 2.4 , Y: 19.2 , Z: -5.0, 按 **Enter** 键。

d. 在坐标输入的地方，输入顶点相对坐标

dX: 0.0 , dY: 0.0 , dZ: 5.0, 按 **Enter** 键。

2) 点击 Next 按钮。

3) Wave 端口：**Post Processing**

a. Full Port Impedance: 50

二十） 设置网格平面

1. 设置网格平面

1）选择菜单 **3D Modeler>Grid Plane>XY**

二十一） 设置偏移坐标系统

1. 设置偏移坐标系统

1）选择菜单 **3D Modeler >Coordinate System>Creat>Relative CS>Offset**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2）在坐标输入的地方输入原始坐标

a. **X: -4.8, Y: 0.0, Z: 0.0,** 按 Enter 键。

二十二）设置工作坐标系统

1.设置工作坐标系统

1）选择菜单 **3D Modeler>Coordinate Systerm>Set Working CS**

2）选择 **Coordinate System** 窗口

a. 从列表中，选择 **CS：RalativeCS1**

b. 点击 **Select** 按钮

2.设置名称

1）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**CS_Stub2**

3.确定原始参数

1）在 **Origin** 的 **Value** 中输入：**-S，0，0，**点击 **Tab** 键来确认

二十三）为 Stub2 建立 L2

1.建立 L2

1)选择菜单 **Draw>Box**

2)在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

a. **X: 0.0, Y: 4.8, Z: 0.0,** 按 **Enter** 键。

3)在坐标输入的地方，输入盒子对角的相对坐标

a. **dX:-4.8, dY:-86.4, dZ:0.1,** 按 **Enter** 键。

2. 确定所画盒体的参数

1）从 **Properties** 窗口中，选择 **Command** 表。

2）对于 **YSize**，输入：-L2，点击 **Tab** 键来确认

3. 设置名称

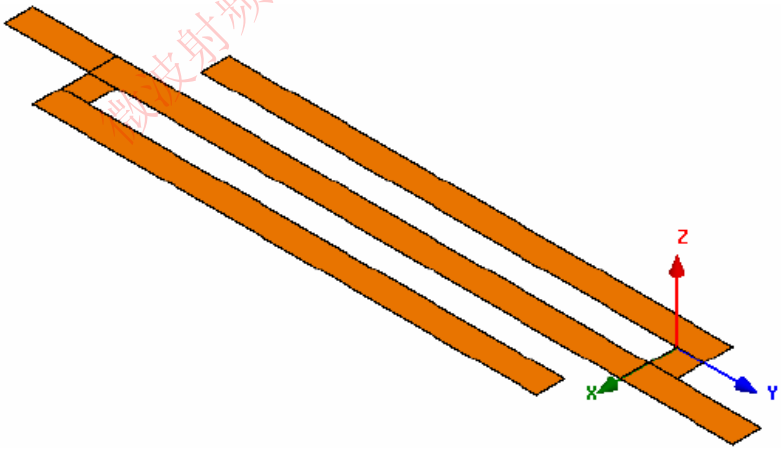
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**L2_Stub2**

3）点击 **OK**

4. 合适的窗口

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 13

二十四）设置工作坐标系统

1.设置工作坐标系统

1)选择菜单 **3D Modeler>Coordinate Systerm>Set Working CS**

2)选择 **Coordinate System** 窗口

c.从列表中，选择 **CS：Global**

d.点击 **Select** 按钮

二十五）创建地板

1.创建地板

1）选择菜单 **Draw>Box**

2）在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

a. **X: -34.4, Y: -34.4, Z: -5.0,** 按 **Enter** 键

3) 在坐标输入的地方，输入对角点的相对坐标

b. **dX: 64.0, dY: 164.8, dZ: -0.1,** 按 **Enter** 键

2.确认该物体的参数

1) 选择 **Properties** 窗口

2）在 **Position** 中，输入：**-S-29.6mil, -34.4mil, -5mil,** 点击 **Tab** 键确认

3）在 **XSize** 中，输入：**54.4mil+2*S,** 点击 **Tab** 键确认

4）在 **YSize** 中，输入：**73.6mil+L1,** 点击 **Tab** 键确认

3.设置名称

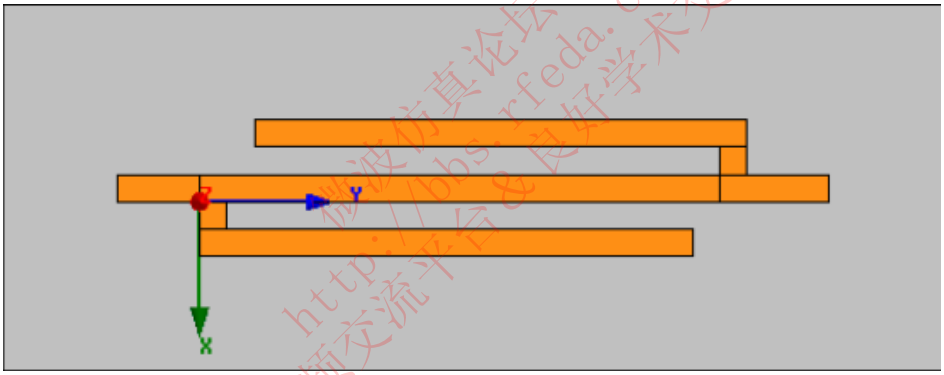
1）选择 **Properties** 窗口中的 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Ground**

3）点击 **OK**

4.合适窗口显示

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**



F.7.2 14

二十六）添加新材料

1.添加一个新材料

1）在 **3D Modeler Materials** 工具栏中，选择 **Select**

2）从 **Select Definition 窗**口中，点击 **Add Material** 按钮

3）显示和编辑 **Material 窗**口

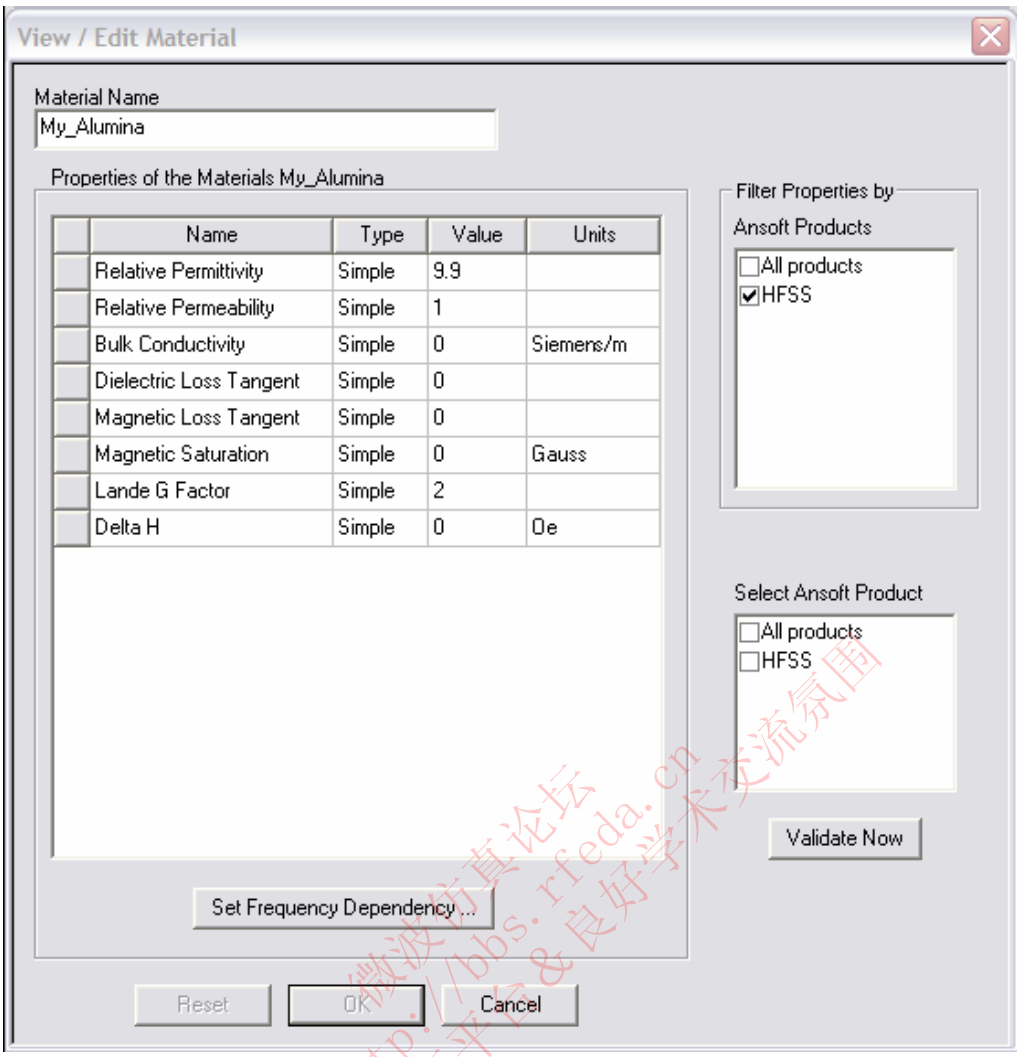
a. **Material Name：My_Alumina**

b. **Relative Permittivity:9.9**

c.点击 **OK**

4）点击 **OK**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.7.2 15

二十七）建立 Substrate（基板）

1.创建 Substrate

1）选择菜单 **Draw>Box**

2）在坐标输入的地方，输入盒子的坐标

a. **X:-34.4, Y:-34.4, Z:0.0,** 按 **Enter** 键

3）在坐标输入的地方，输入盒子对角的相对坐标

a. **dX:64.0, dY:164.8, dZ:-5.0**，按 **Enter** 键

2.确定该物体的参数

1）选择 Properties 窗口中的 Command 表

2）在 **Position** 中，输入：**-S-29.6mil, -34.4mil, 0mil,** 点击 **Tab** 键来确认

3）在 **XSize** 中，输入：**54.4mil+2*S**,点击 **Tab** 键来确认

4）在 **YSize** 中，输入：**73.6mil+L1,**点击 **Tab** 键来确认

3.设置名称

1）选择 **Properties** 窗口中的 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Substrate**

3）点击 **OK**

4.合适的窗口显示

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**

二十八）设置初始材料

1.设置初始材料

1）在 **3D Modeler Materials** 工具栏中，选择 **vacuum**

二十九）创建 Air（空气盒）

1.创建 Air

1）选择菜单 **Draw>Box**

2）在坐标输入的地方，输入盒子的一个坐标

a. **X:-34.4, Y:-34.4, Z:-5.1**，点击 **Enter** 键

3）在坐标输入的地方，输入盒子的对角的相对坐标

a. **dX:64.0, dY:164.8, dZ:50.0,**点击 **Enter** 键

2.确认该物体的参数

1）选择 **Properties** 窗口中的 **Command** 表

2）在 **Position** 中输入：**-S-29.6mil, -34.4mil, -5.1mil,** 点击 **Tab** 键来确认

3）在 **XSize** 中，输入：**54.4mil+2*S,** 点击 **Tab** 键来确认

4）在 **YSize** 中，输入：**73.6mil+L1**，点击 **Tab** 键来确认

3.设置名称

1）在 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 表

2）在 **Name** 的 **Value** 中输入：**Air**

3）点击 **OK**

4.合适的窗口显示

1）选择菜单 **View>Fit All>Active View**

三十） 创建辐射边界

1.选择 Air 物体

1）选择菜单 **Edit>Select>By Name**

2）选择 Object 对话框

a. 选择物体名称为：**Air**

b.点击 **OK**

2.创建一个辐射边界条件

1）选择菜单 **HFSS>Boundaries>Assign>Radiation**

2）**Radiation Boundary** 窗口

a. **Name：Rad1**

b. 点击 **OK**

3.边界显示

1）确认边界建立

a. 选择菜单 **HFSS>Boundary Display(Solver View)**

b. 从边界处理显示中，确定你需要显示的边界

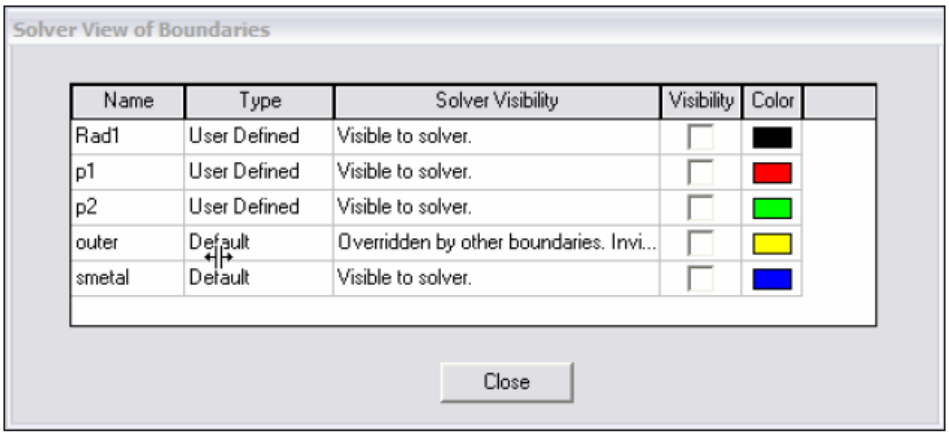
a）背景是理想导体显示为 **Outer** 边界

b）理想导体显示为 **smetal** 边界

c）选择菜单 **View>Visibility** 来隐藏所有的几何物体，这样可以更容易看到边界

c. 设置完成，点击 **Close**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.7.2 16

三. 分析设置

一）创建一个分析设置

1. 创建一个分析设置

1) 选择菜单 **HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup**

2) **Solution Setup** 窗口

a. 点击 General 表

a) **Solution Frequency：20GHz**

b) **Maximum Number of Passes**:20

c) **Maximum Delta S per Pass:0.02**

b. 点击 **OK**

二）添加一个频率扫描

1. 添加一个频率扫描

1）选择菜单 **HFSS>Analysis Setup>Add Sweep**

a. 选择 **Solution Setup:Setup1**

b. 点击 **OK**

2）编辑 Sweep 窗口

a. **Sweep Type: Fast**

b. Frequency Setup Type: Linear Step

a) **Start: 4.0GHz**

b) **Stop: 20.0GHz**

c) Step: 0.05GHz

d) **Save Fields:** ☑ **Checked**

c. 点击 **OK**

四. 三）保存项目

一）保存该项目

1）在 **Ansoft HFSS** 的窗口中，选择菜单 **File>Save As**

2）从 **Save As** 的窗口中，输入文件名称: **hfss_msbsf**

3）点击 **Save**

五. 分析仿真

一）模型检测

1.检测该模型

1）选择菜单 **HFSS>Validation Check**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台 & 良好学术交流氛围

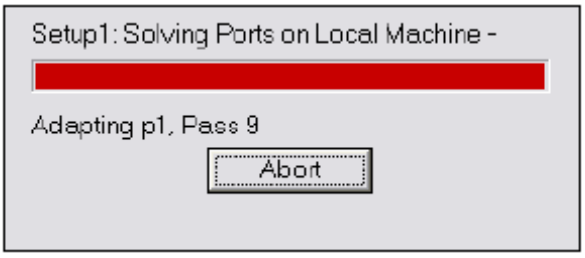
2）点击 **Close**

注意：如果有警告和错误，请看信息窗口。

2. 仿真

1) 开始仿真处理

2) 选择菜单 **HFSS>Analyze**



F.7.2 17

二）解析数据

1. 显示解析数据

1）选择菜单 **HFSS>Results>Solution Data**

a. 显示 **Profile**

a）点击 **Profile** 表

b. 显示 **Convergence**

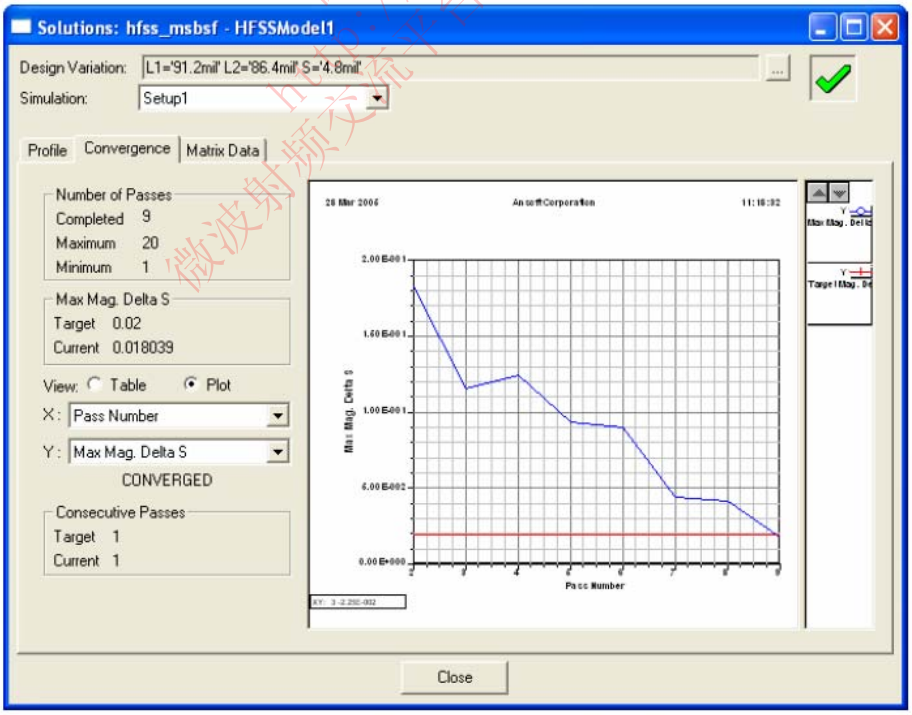
a）点击 **Convergence** 表

注意：显示可以是表格形式或者是图形表示

c. 显示 **Matrix Data**

a）点击 **Matrix Data** 表

2）点击 **Close**



F.7.2 18

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

六. 创建报告

一）创建 S 参数 Vs Frequency 的报告

1.创建报告

1）选择菜单 **HFSS>Results>Create Report**

2）创建 **Report** 窗口

a. **Report Type: Terminal S Parameters**

b. **Display Type: Rectangular**

c. 点击 **Ok**

. 3）Traces 窗口

a. Solution: **Setup1:Sweep1**

b. 点击 **Y** 表

a) Domain: Sweep

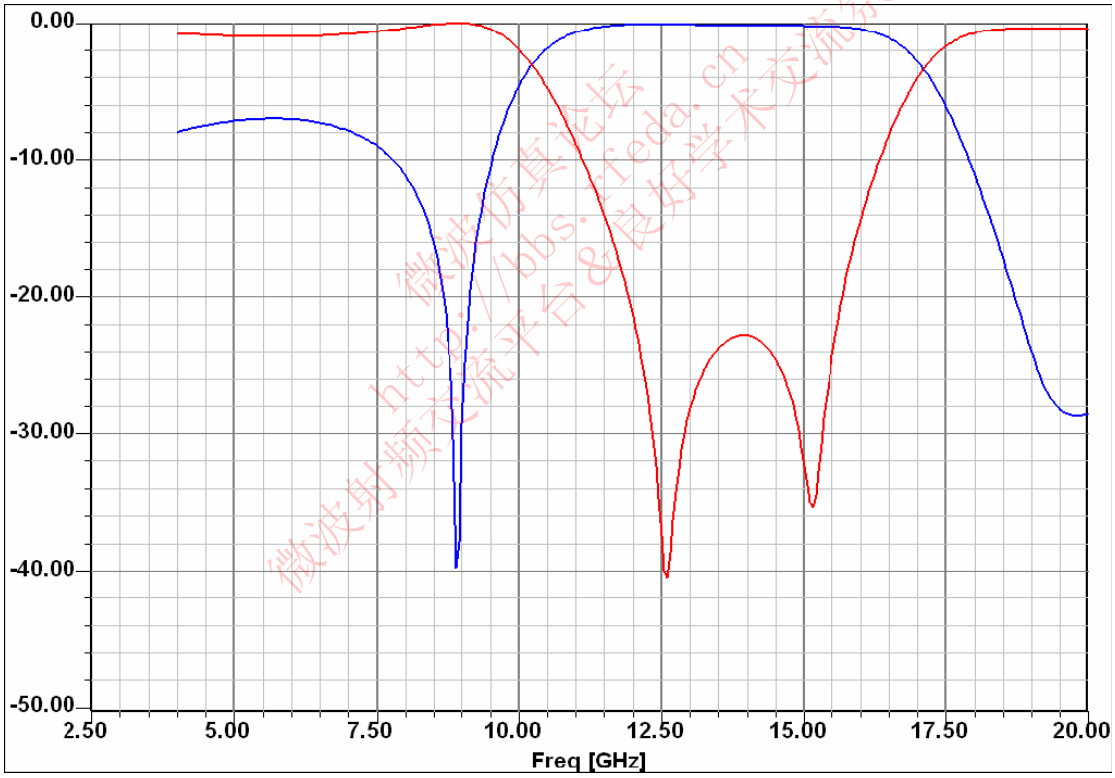
b) Category: Terminal S-Parameters

c) Quantity: St(p1,p1),St(p2,p1)

d) Function: dB

e) 点击 **Add Trace 按**钮

c. 点击 **Done** 按钮



F.7.2 19

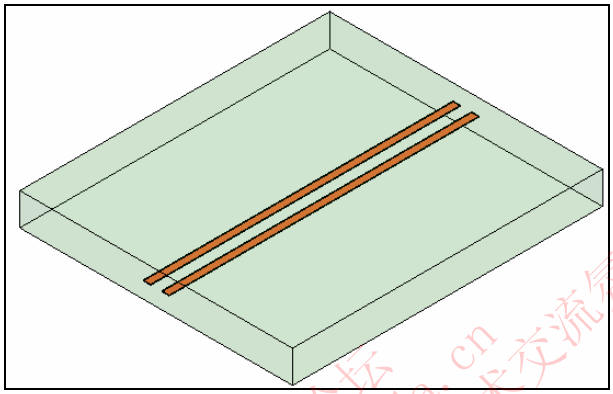
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第八章 信号完整性分析实例

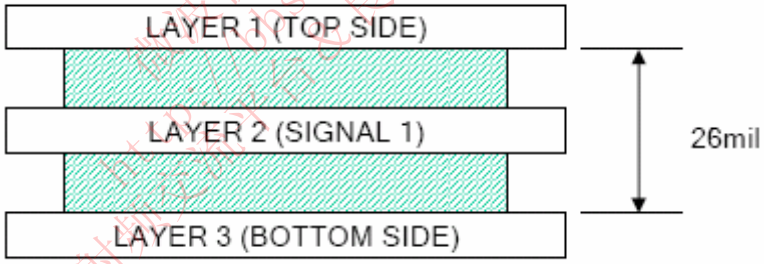
第一节 低压差分信号（LVDS）差分线

a:包括优化设计的 HFSS 例子

- **这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析差分线。**
- 低电压差分信号（LVDS：Lower Voltage Differential Signaling）技术应用在高性能的背板技术中，LDVS 用于多点通信，采用类似系统总线的形式，如图 F.8.1.1 所示。下图详细说明了你将要创建的无源器件。



F.8.1.1



F.8.1.2

- 设计尺寸：

导带：

宽度=6mil

跨度=18mil

厚度=0.7mil

长度=1000mil

衬底：

厚度=26 mil

介电常数εr= 4.4

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频工程师交流好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一. Ansoft hfss 设计环境

以下 Ansoft hfss 设计环境的特征适用于创作这个无源器件模型。

一）三维模型

- 原始几何体：**长方体，矩形**
- 布尔函数操作：沿线复制，沿着向量扫描

二）边界 / 激励

- 端口：波端口（wave ports），终端线（terminal lines）

三）分析

- 扫描：插值

四）结果

- 基于笛卡尔坐标和 smith 圆图的图形

五）场覆盖

- 三维场图

二. 设计回顾：

在我们建立这个器件之前我们来复习一下整个设计：

- 导带宽度＝ 6 mils
- 导带长度＝1000mils
- 介质高度＝ 1 3 mils x 2
- 铜导带高度=0.7 mils
- 端口尺寸= ？？？

一）端口宽度：

- 通过使用端口的选项，端口宽度至少是堆栈高度（stackup）的 3~5 倍，也就是达到(78-130mils)。由于迹线并非中心放置的，我们选择 5 倍的量，并加上信号对的间隙（18mil），因此端口/模型总宽度为 220mil。

二）迹线长度：

- 因为我们要仿真的均匀传输线，所以不需要对 1000mil 的长度进行全部仿真，而可以将模型缩减到 100mil，并利用去嵌入技术（de-bedding）引入剩下的 900mil 长度。

三）材料属性：

- 首先，从工程角度上我们假定材料的属性与频率无关。然后，我们假定迹线模型是理想导体（Perfect Conductors），不会影响器件的性能。这些将加快仿真的进程。作为额外的练习，模型可以改变成随频率变化的材料和有损耗的导体。

四）地平面：

- 因为我们忽略了金属的导电性，所以没有必要建立地平面，我们可以采用理想导体（Perfect Conductors）作为地这一边界。如果我们需要研究导体铜的影响，我们可以定义有限电导体边界(Finite Conductors Boundary)来仿真铜的地平面。

五）求解设置：

- 由于我们要利用这个模型进行 SPICE 仿真，关注的频率范围将由输入信号的上升沿时间(tr)决定。最大的频率可以通过 0.5/tr 就也是截止频率（knee frequency）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 学术交流氛围

算出，把它乘以 tr 周期的采样数确定。最低频率越靠近直流信号越好。

- 因此在求解设置中我们选用以下的数据：
  - 上升沿时间（tr）：330ps
  - 采样数：5
  - 上限频率：(0.5/330ps)*5 ~ 7.58GHz 或者 8.0GHz
  - 下限频率：0.01GHz
  - 步进频率：0.01GHz
  - 单点（自适应）频率：8.0G
  - 自适应迭代步数（Adaptive Passes）：10
  - S 参数的迭代误差（Delta S）：0.02
  - 扫描类型（Sweep type）：插值

三. 开始工作

一）运行HFSS

1. 点击**开始**按钮，选择**Programs**，再选择**Ansoft, HFSS 10**项目组，点击**HFSS 10**，启动**HFSS**。

二）**设置工具选项**：

怎样设置工具选项

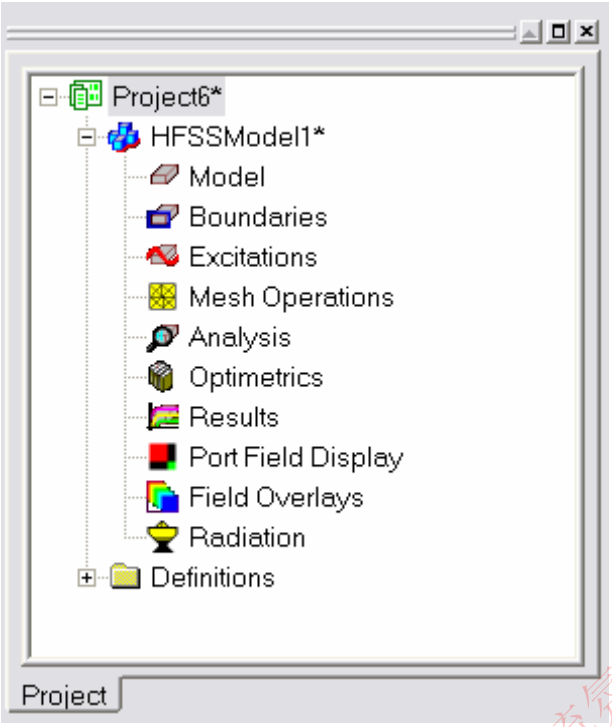
说明：为了符合在这个例子里的步骤，首先核实一下你的工具栏设置和以下相同：

1. 选择菜单栏：***工具>选项> HFSS 选项（Tools > Options > HFSS Options）***
2. HFSS选项（HFSS Options）窗口
   1）点击**常用（General）**
      - **勾选**上：创建新边界条件时使用数据输入向导（Use Wizards for data entry when creating new boundaries）
      - **勾选**上：边界条件随几何体一起复制（Duplicate boundaries with geometry）
   2）点击**OK**
3. 选择菜单栏：***工具>选项> 3 D模型选项（Tools > Options > 3D Modeler Options）***。
4. 三维模型选项（*3D Modeler Options*）窗口
   1）点击**操作（Operation）**
      - **勾选**上：自动覆盖闭合曲线（Automatically cover closed polylines）
   2）点击**画图（Drawing）**
      - **勾选**上：边界新的简单几何体的属性（**Edit property of new primitives**）
   3）点击**OK**

三）新建一个工程

怎样建立一个新项目

1. 在Ansoft HFSS 窗口，点击标准工具栏中的新建工具或者选择菜单***文件> 新建 (File > New)***.
2. 在**工程(project)**菜单下，选择插入***HFSS设计（Insert HFSS Design）***



F. 8. 1. 3

四）设置求解的类型

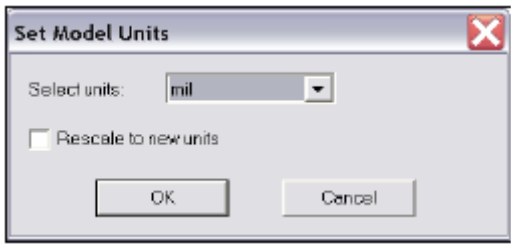
怎样设置求解的类型

1. 选择菜单***HFSS > 求解类型（HFSS > Solution Type）***
2. 求解类型窗口
   1）选择 **终端驱动（Driven Terminal）**
   2）点击 **OK**

四. 建立三维模型

一）设置模型单位

1. 选择菜单***3D 模型>单位（3D Modeler > Units）***
2. 设置模型单位
   1）选择单位：**mil**
   2）点击**OK**



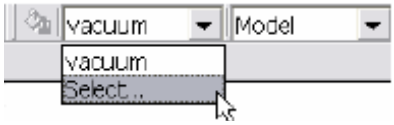
F. 8. 1. 4

二）设置缺省材料

怎样设置缺省材料

1. 使用三维模型材料的工具栏的下拉菜单，**选择（choose）**

微波射频交流平台 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

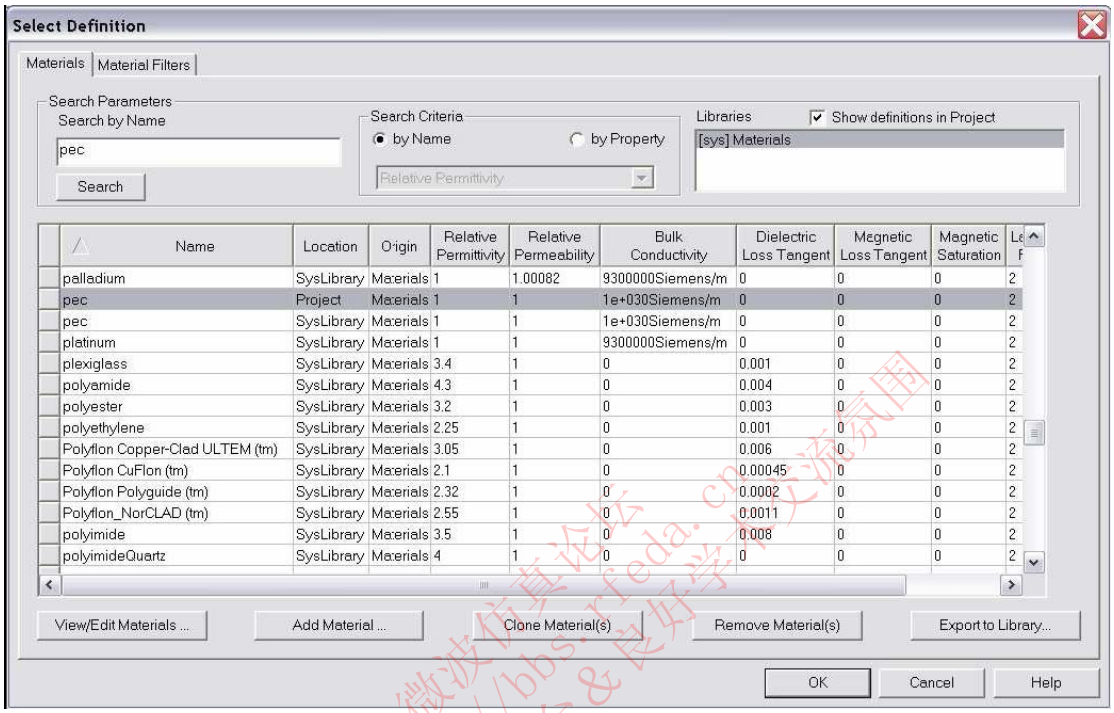


F. 8. 1. 6

2．选择定义窗口（Select Definition）

1）在**按名称查找（Search by Name）**中输入**pec**

2）点击**OK**



F. 8. 1. 7

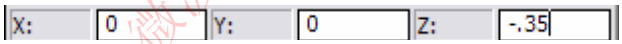
三）建立迹线 1（trace 1）

如何建立迹线 1

1．选择菜单*画图> 立方体（Draw > Box）*

2．在坐标的输入框中输入起始坐标：

X: 0.0, Y: 9.0, Z: -0.35 ，点击**回车**



3. 在坐标输入框中输入对角的端点

dX: 100.0, dY: 6.0, dZ: 0.7，点击**回车**

怎样参数化模型

1．在**属性（Properties）**窗口中选择**命令（Command）**

2．在**位置（position）**中输入0.0mil, S/2, -0.35mil,点击**TAB**接受。输入变量**S**的值：18mil，点击**OK**。

3．对**Y**的尺寸，输入w，点击TAB接受。输入变量**w**的值：6mil,点击**OK**。

怎样调整合适的视角？

1．选择菜单栏中*查看> 全部适应> 激活视角（View > Fit All > Active View）*

或者按**CTRL+D**

四）建立迹线2（trace 2）

怎样建立迹线2

1．选择菜单栏*编辑> 选择全部可视（Edit > Select All Visible）*，或者按下**CTRL+A**

2．选择菜单栏*编辑> 复制> 镜像（Edit > Duplicate > Mirror）*.

1）输入镜像面的定位点

X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,按下**回车**键

2）输入镜像面法线向量的目标点

dX: 0.0, dY: -1.0, dZ: 0.0,按下**回车**键

定义名称

1．选择菜单栏 *HFSS> 列表（HFSS > List）*

2．从**模型（MODEL）**标签中，选择名称为**trace1_1**的物体

3．点击**性质（Properties）**

1）在**名称（name）**中输入:trace2

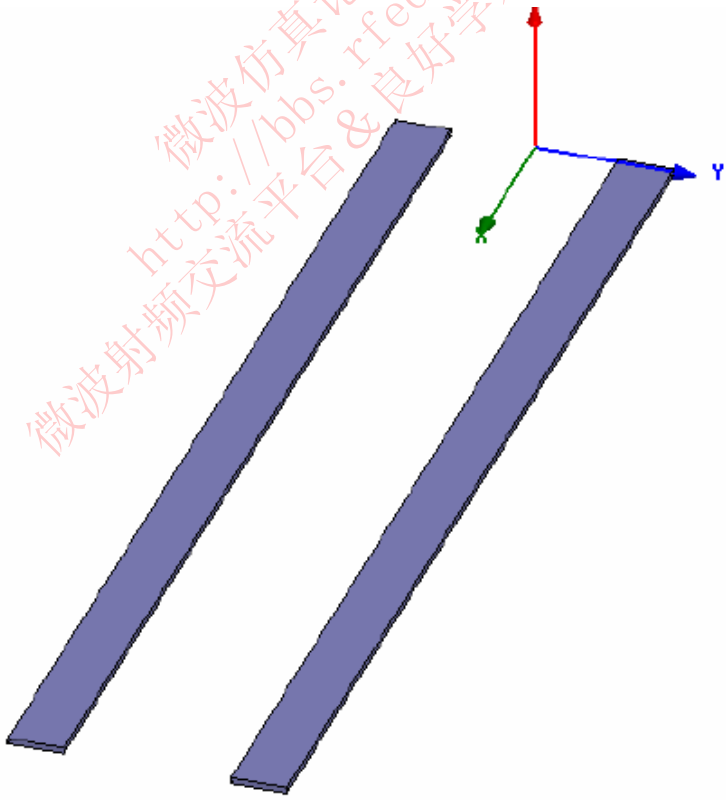
2）点击**OK**

4．点击**Done**

怎样调整合适的视角？

1． 选择菜单栏中*查看> 全部适应> 激活视角（View > Fit All > Active View）*

或者按**CTRL+D**



F.8.1.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

五）增加新材料

怎样增加新材料

1．在三维模型材料的下拉工具栏中**选择（Select）**

2．在定义的窗口中，点击**增加新材料（Add Material）**

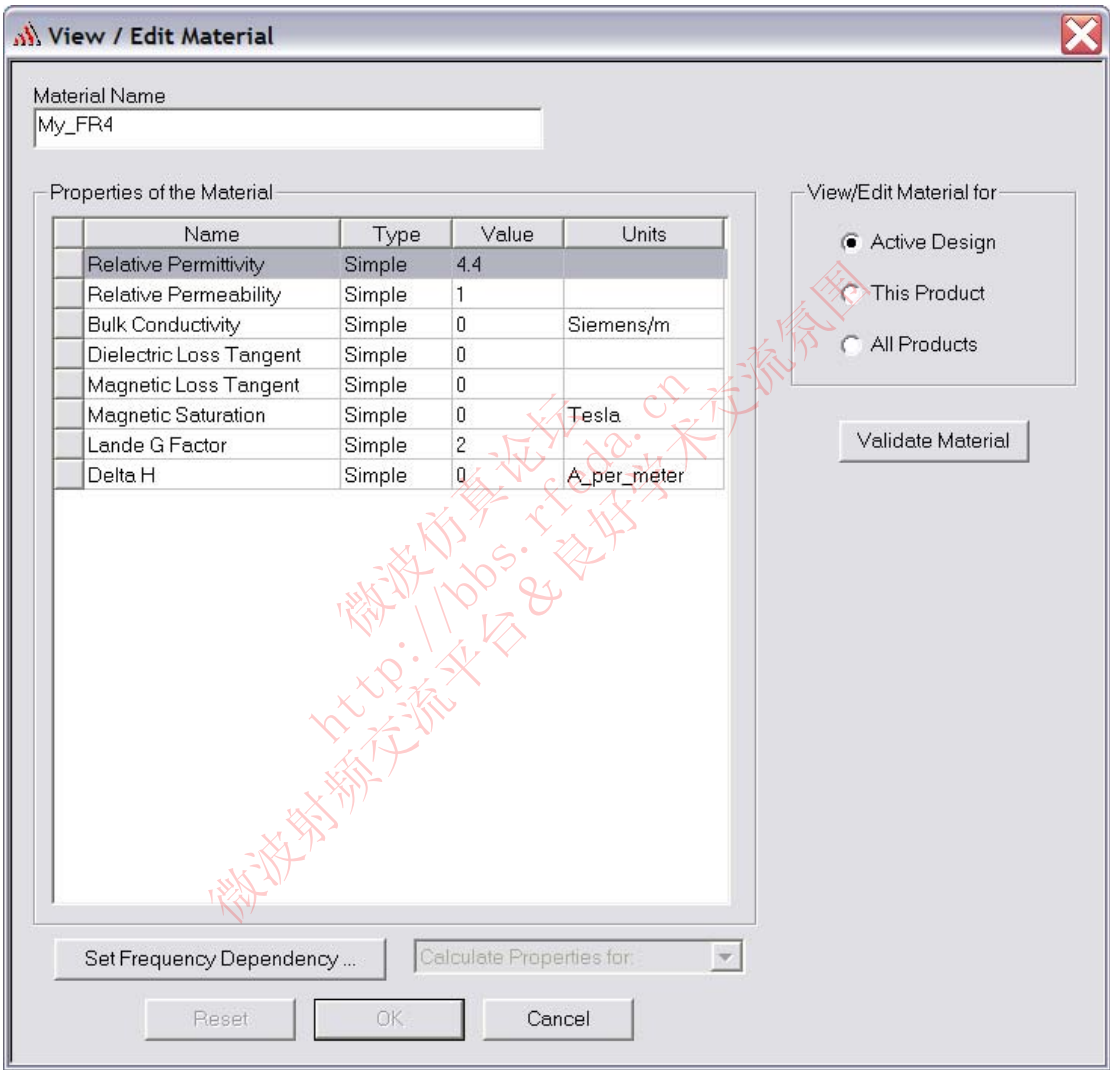
3．察看/编辑（View/Edit）材料窗口

1）材料名称：**My_FR4**

2）相对电介质常数：**4.4**

3）点击**OK**

4．点击**OK**



F. 8. 1. 9

六）建立基板

怎样建立基板

1．选择菜单栏**画图>立方体（Draw > Box）**

2．在坐标的输入框中输入起始坐标

X: 0.0, Y: -100.0, Z: -13.0，点击**回车**

3．在坐标的输入框中输入对角点

dX: 100.0, dY: 200.0, dZ: 26.0，**回车**

定义名称

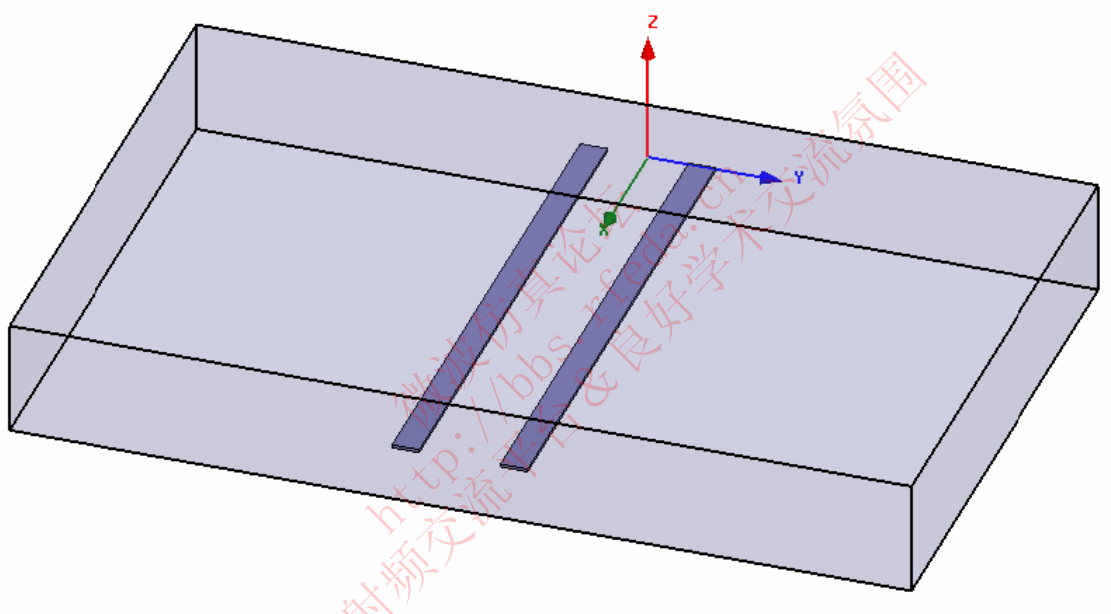
1. 在**性质（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**
2. 输入名称**基板（substrate）**
3. 点击**OK**

设置透明度

1. 在**性质（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**
2. 点击透明度（Transparency）
   1）把条形棒移动到0.8处，点击**OK**
   2）点击**OK**

怎样调整合适的视角？

1. 选择菜单栏中*查看> 全部适应> 激活视角（View > Fit All > Active View）*
   或者按**CTRL+D**



F.8.1.10

七）建立波端口（Wave Port）激励1

注意：这个模型需要两个端口，并且每个端口都有两个终端线。我们可以选择基板的端面来定义激励端口，定义终端线，分配激励，同样的操作可以应用于第二个端口。但是我们可以更高效率的通过复制端口来定义端口2。在这里我们用第二种方法。

建立网格平面

选择菜单*三维菜单>网格平面>YZ平面（3D Modeler > Grid Plane > YZ）*

建立一个矩形来代表端口

1. 选择菜单项*画图>矩形（Draw>Rectangle）*
2. 在坐标的输入框中输入矩形起始坐标
   X: 0.0, Y: -100.0, Z: -13.0,回车
2. 在坐标的输入框中输入矩形对角坐标
   dX: 0.0, dY: 200.0, dZ: 26.0,回车

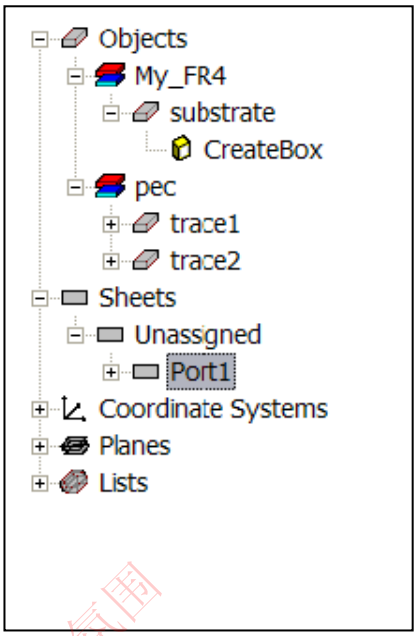
定义名称

1．在**性质（Properties）**窗口中选择属性（**Attribute**）
2．输入名称Potr1
3．点击OK

怎样选择端口1

1．在菜单中***编辑>选择>名字***
（Edit > Select > By Name）
2．选择物体对话框
1）选择物体名字：**port1**
2）点击**OK**

提示：你也可以从模型树里边选取物体

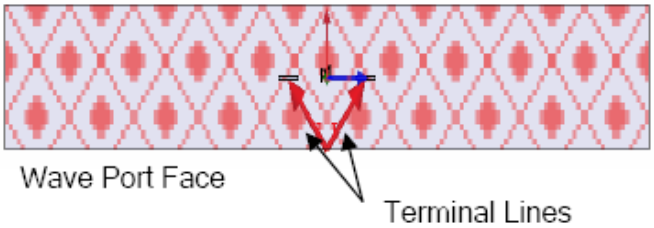


F. 8. 1. 11

设置波端口激励

1．选择菜单***HFSS>激励>分配>波端口（HFSS > Excitations > Assign > Wave Port）***
2．波端口：常规（general）
1）名称：**p1**
2）点击**下一步next**
3．波端口：终端线（Terminals）
1）端口的数量：**2**，点击**update**
2）对**T1**，在**未定义（Undefined）**列中选择**新线（New Line）**
3）在坐标的输入框中输入向量起始坐标
X: 0.0, Y: 0.0, Z: -13.0,**回车**
4）在坐标的输入框中输入向量端点
dX: 0.0, dY: 12.0, dZ: 12.65,**回车**
5）对**T2**，在**Undefined**列选择**新线（New Line）**
6）在坐标输入框中输入向量起始坐标
X: 0.0, Y: 0.0, Z: -13.0，回车
7）在坐标的输入框中输入向量端点
dX: 0.0, dY: -12.0, dZ: 12.65，**回车**
8）点击**next**
4. 波端口：差分对
1）点击**新对（New Pair）**
2）点击**next**
5. 波端口：后处理（post processing）
6. 点击**结束（finish）**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 & 良好学术交流氛围



F.8.1.12

八）建立波端口激励 2

选择端口1

1．在菜单中*编辑> 选择> 名字（Edit > Select > By Name）*

2．选择物体对话框

1）选择端口1名字：**port1**

2）点击**OK**

复制端口

1．选择菜单*编辑> 复制> 沿线（Edit > Duplicate > Along Line）*

2．在坐标输入框中输入复制向量的第一个点坐标

X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0,回车

3．在坐标输入框中输入复制向量的第二个点坐标

dX: 100.0, dY: 0.0, dZ: 0.0,回车

4. 沿向量复制窗口

1）数量 ：**2**

2）点击 **OK**

去嵌入技术（deembedding）设置

1. 选择菜单 ***HFSS> 列表（HFSS > List）***

2．在激励的菜单中，选择 **p2** 激励

3．点击性质（**Properties**）

1）勾选上嵌化（Deembed）

2）嵌入长度（Deembed Distance）：设置为**-900mil**（此值为正意味着嵌入到端口内）

3）点击 **OK**

4．点击 **Done**

九）边界显示

证实边界设置

1. 选择菜单 ***HFSS> 显示边界（求解查看）(HFSS > Boundary Display (Solver View)）***

2．在边界求解器查看窗口中，切换可视复选框可以选择想要显示的边界。

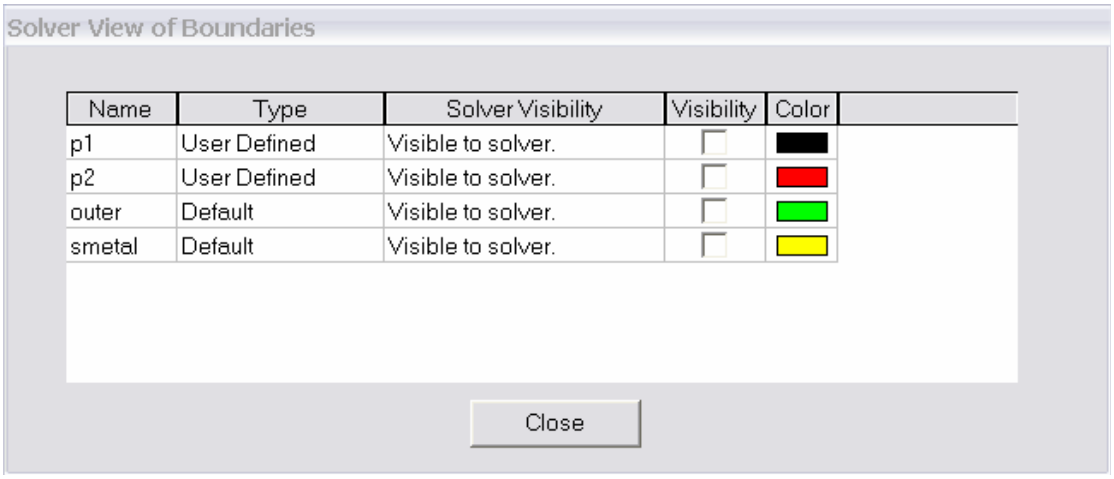
注意：外边界（outer boundary）被默认设定为背景（理想导体）

注意：理想导体被显示为 smetal 边界

注意：选择菜*单视图>可视性（View > Visibility）*隐藏所有的几何体，这样更容易看清边界

3．当你完成设置点击 **close**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn



F. 8. 1. 13

五. 分析设置

一）怎样建立一个分析设置？

1. 选择菜单 ***HFSS> 分析设置> 增加求解设置（HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup）***

2. 解设置窗口

1）点击选取**常用（general）**

a. 求解频率：**8.0G**

b. 最大迭代计算步数：**20**

c. S 参数最大迭代误差：**0.02**

2）点击选取**选项（option）**

a. **勾选**上按波长加密（Do Lambda Refinement）

b. 目标（target）：**0.5**

c. **勾选**上利用低阶求解基（Use Low-Order Solution Basis）

二）增加频率扫描

怎样增加频率扫描

1. 选择菜单 ***HFSS> 分析设置> 增加扫描（HFSS > Analysis Setup > Add Sweep）***

1）选择解设置：**Setup1**

2）点击 O K

2. 编辑扫描窗口

1）扫描类型：**插值（Interpolating）**

2）点击**插值基选择（Setup Interpolation Basis）**

a. 最大解数： 2 0

b. 误差忍受度：**0.5%**

c. 选择**用户的所有输入（User All Entries）**

d. 点击 **OK**

3) **勾选**外推到直流（Extrapolate to DC）

a. 最小求解频率：**0.01**

4）**不勾选**直流截断为 0 或者 1（Snap Magnitude to 0 or 1 at DC）

5）频率求解类型：**线形步进（Linear Step）**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

a. 截止频率: **8GHz**

b. 步进频率：**0.01GHz**

6) 点击 **OK**

六. 保存工程

怎样保存项目

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单*文件>保存（File > Save As）*
2. 在 Save As 的窗口中，输入文件名：hfss_lvds_diffpair
3. 点击**保存**（Save）

七. 分析

一）模型确认

怎样确认模型

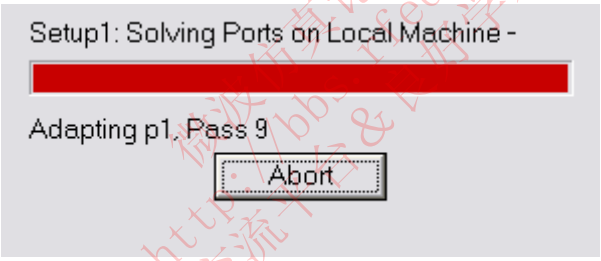
1. 选择菜单 ***HFSS >模型检查（HFSS > Validation Check）***
2. 点击**关闭（close）**

注意：在管理信息窗口中你可以看到警告或者错误信息

二）分析

开始求解过程

1. 选择菜单 **HFSS >分析（HFSS > Analyze）**



F.8.1.14

三）求解数据：

如何查看求解数据：

1. 选择菜单 ***HFSS >结果> 结果数据（HFSS > Results > Solution Data）***

1) 查看轮廓

点击**轮廓（Profile）**

2) 查看收敛

点击**收敛（Convergence）**

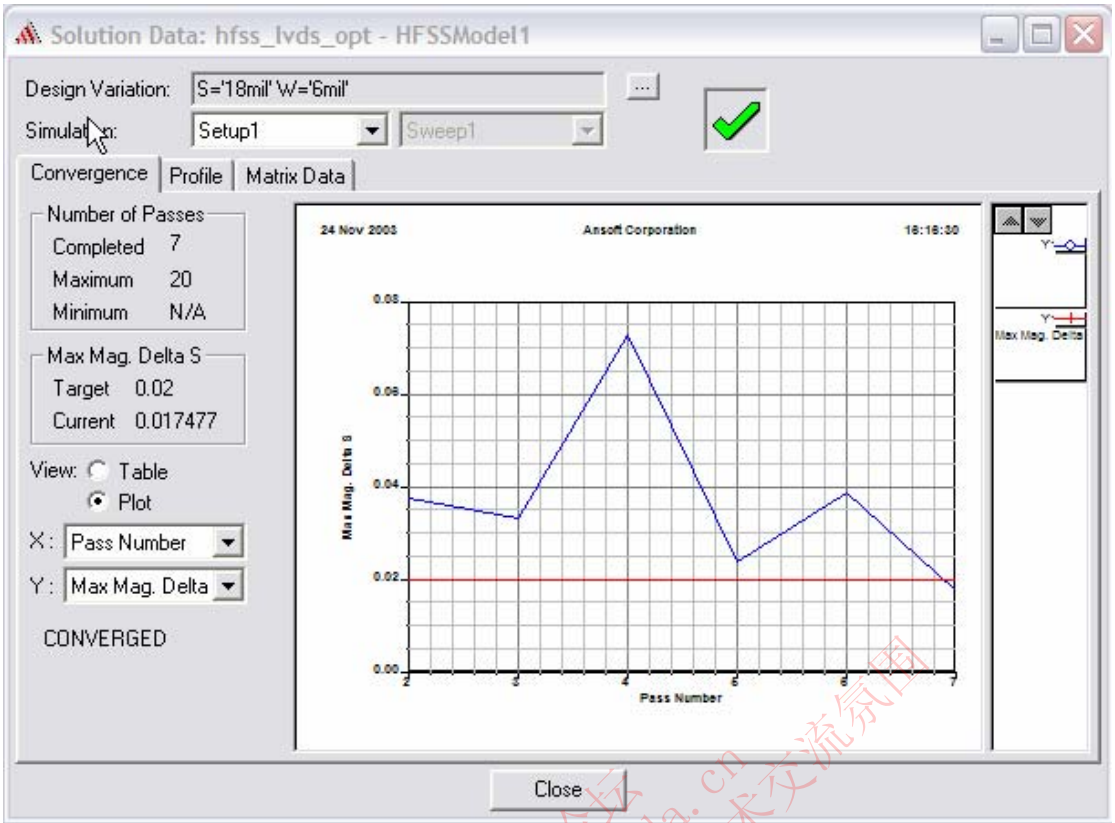
注意：查看收敛缺省的是表格形式，点击 Plot 可以在图形中看到收敛数据

3) 查看矩阵数据

点击**矩阵数据（Matrix Data）**

注意：如果需要看实时的矩阵数据，需要将 Simulation 设置为 Setup1, Last Adaptive

2. 点击 **close**



F. 8. 1. 15

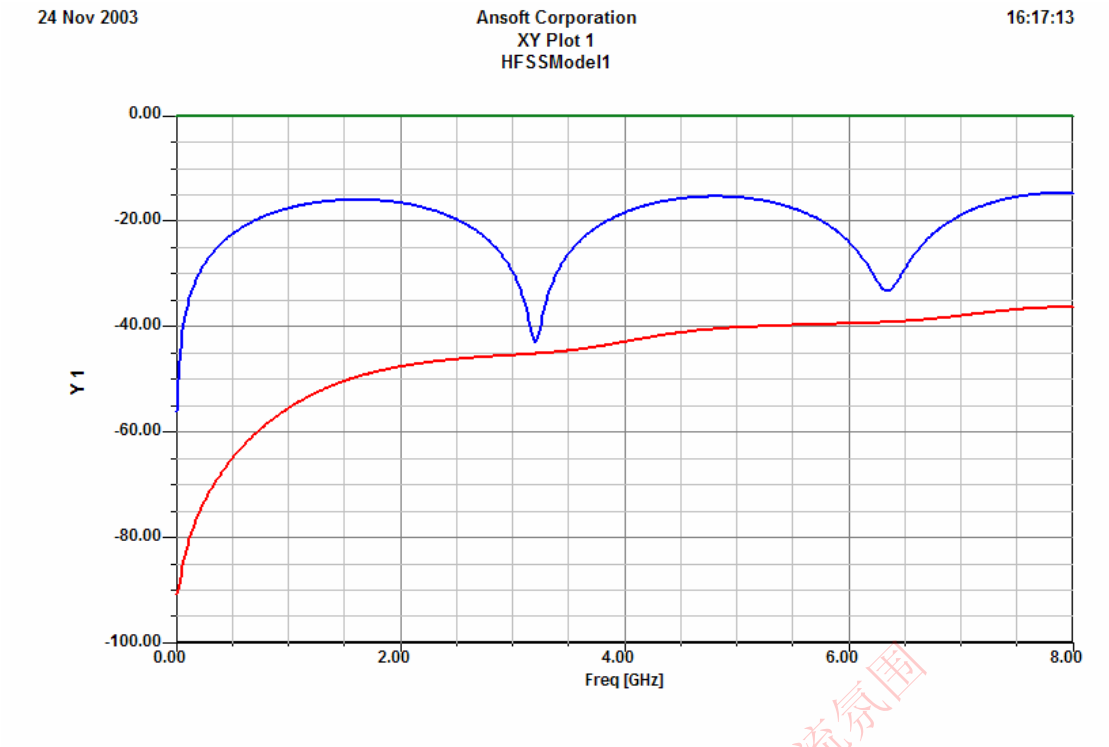
八. 生成报告

一）生成差分线对 S 参数图

如何产生报告

1. 点击 **HFSS** >结果>生成报告（**HFSS > Results > Create Report**）
2. 生成报告窗口
   1）报告形式：终端 S 参数（**Terminal S Parameters**）
   2）显示形式：矩形（**Rectangular**）
   3）点击 O K
3. 跟踪窗口
   1）解：Setup1: Sweep1
   2）域： 扫描（**Sweep**）
   3）点击 **Y** 标签
      a. 目录：终端 S 参数（**Terminal S Parameters**）
      b. 数量：**St(p1:Diff1,p1:Diff1), St(p1:Diff1,p1:Comm1), St(p1:Diff1,p2:Diff1)**
      c. 单位：**dB**
      d. 点击增加曲线（**Add Trace**）
   4) 点击完成（**Done**）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波系统交流平台&良好学术交流氛围



F. 8. 1. 16

二）创建差模和共模阻抗数据表

如何产生报告

1. 选择菜单 **HFSS >结果>生成报告（HFSS > Results > Create Report）**
2. 产生报告窗口
   1）报告类型：**终端 S 参数（Terminal S Parameters）**
   2）显示类型：**数据表（Data Table）**
   3）点击 O K
3. 跟踪窗口
   1）解：**Setup1: LastAdaptive**
   2）点击 **Y**
      a. 目录：**终端端口 Zo （Terminal Port Zo）**
      b. 数量：**Zot(p1:Diff1,p1:Diff1), Zot(p1:Comm1,p1:Comm1)**
      c. 作用：**mag**
      d. 点击**增加曲线（Add Trace）**
   3）点击 **Done**

	Freq [GHz]	mag(Zot(p1:Diff1,p1:Dif...	mag(Zot(p1:Comm1,p1:...
1	8.000000	116.769026	32.611604

F. 8. 1. 17

三）矩阵数据——把 S 参数导出到一个文件中

查看矩阵数据

1. 选择菜单 ***HFSS >结果>生成报告（HFSS > Results > Create Report）***
2. 结果数据对话框
   1）点击**矩阵数据（Matrix Data）**

2）模仿真选择：**Setup1, Sweep1**

3）点击输出（**Export**）

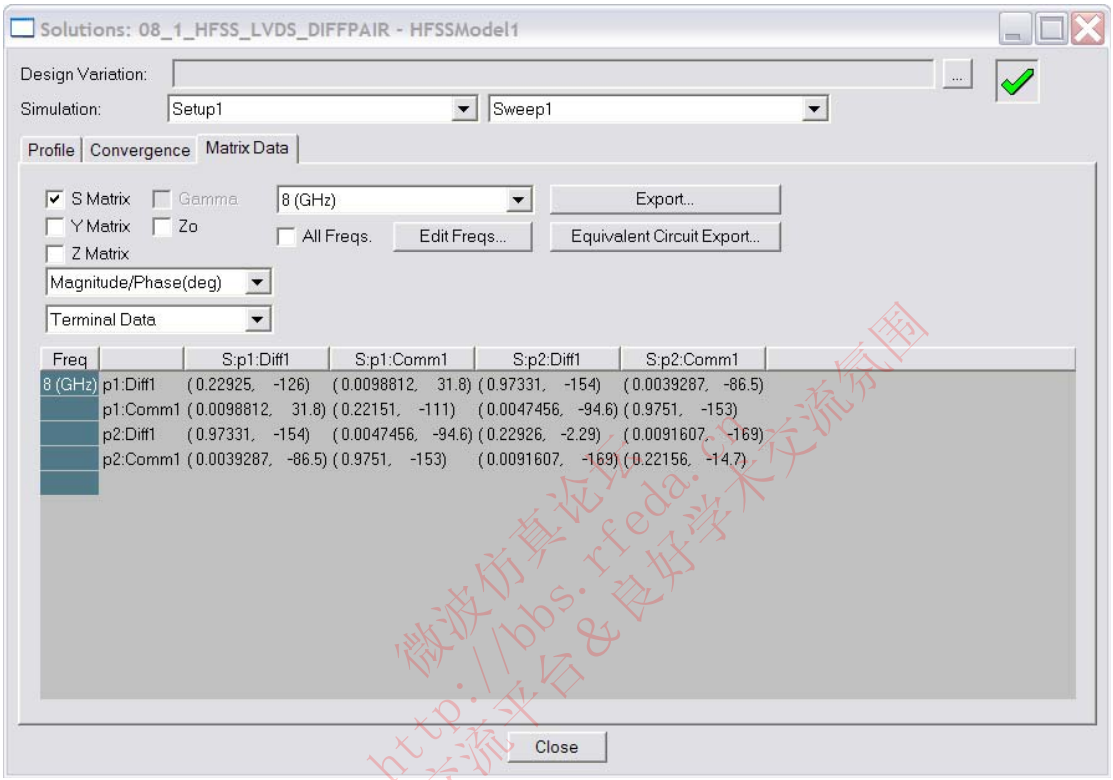
a. 文件名：hfss_lvds_diffpair

b. 存储类型：记事本（**Touchstone**）

c. 点击保存（**Save**）

d. 点击 **OK**，默认的归一化阻抗为 50 欧姆

4) 点击 **Close**



F. 8. 1. 18

九. 场覆盖图

一）设置源：共模

设置场的激励

1. 选择菜单 ***HFSS > 场 >编辑源（HFSS > Fields > Edit Sources）***

2. 编辑源窗口

1）选择源：**p1:T1**

a. 模值：**1**

b. 相位：**0**

2) 选择源：**p1:T2**

a. 模值：**1**

b. 相位：**0**

3) 选择源： p 2 ： T 1

a. 勾选上终端（Terminated）

b. 阻抗： 5 0

c. 电抗：0

4) 选择源： p 2 ： T 2

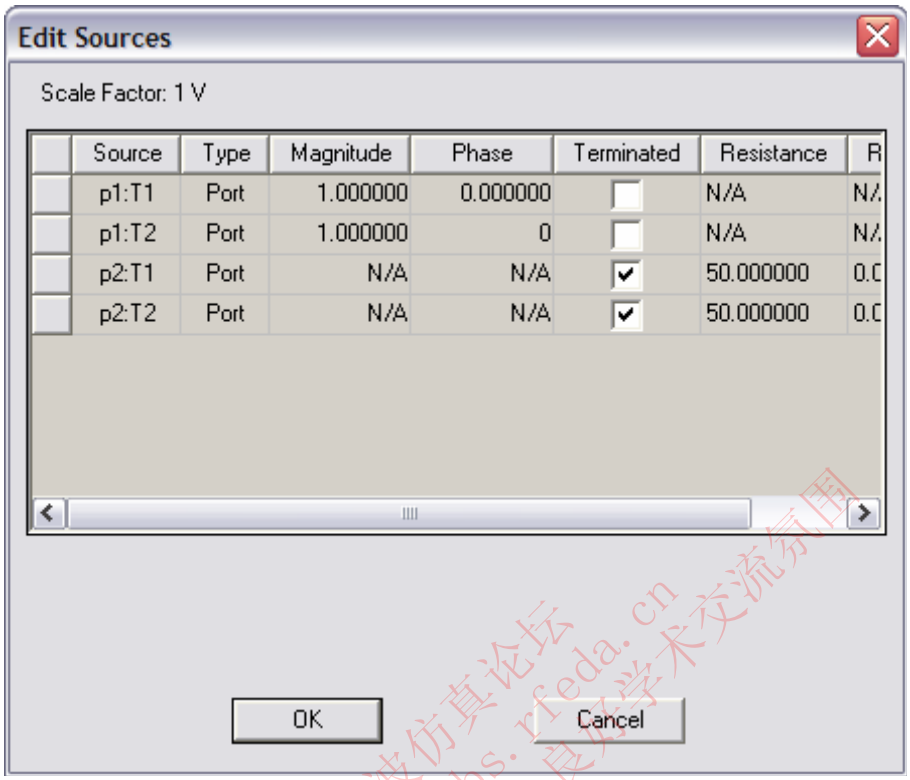
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

a. 勾选上终端（Terminated）

b. 阻抗： 5 0

c. 电抗：**0**

5) 点击 **OK**



F.8.1.19

二）创建场覆盖图

1．如何产生场图：

1）选择菜单*编辑 > 选择 > 名称（Edit > Select > By Name）*

2）选择物体对话框

a. 选择物体名称：**Port1**

b. 点击 O K

3）选择菜单 ***HFSS > 场 > 场 > 电场 > 电场幅度(HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E）***

4）产生场图窗口

a. 解：**Setup1 : LastAdaptive**

b. 待绘变量：**Mag_E**

c. 体积：所有（**ALL**）

d. 点击完成（**Done**）

2. 如何修改场图特性

1）选择 ***HFSS > 场> 修改场图特性（HFSS > Fields > Modify Plot Attributes）***

2) 选择折叠图窗口

a. 选择：电场（**E Field**）

b. 点击 **OK**

3) 电场窗口

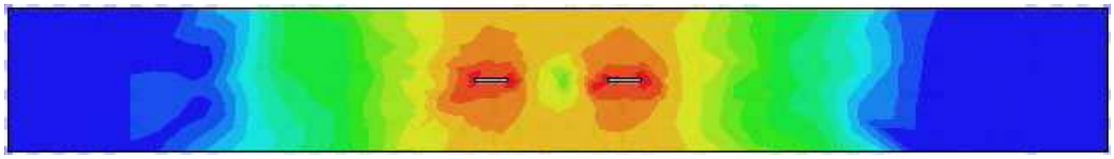
a. 点击比例（**Scale**）

- 选择使用限制（**Use Limits**）
- 最小： 5
- 最大： 1 0 0 0 0
- 比例： **LOG**

b. 点击 Plot 窗口

- 选择 **IsoValType:亮纹模式（Fringe）**
- 如果实时模式没有选上，点击应用（**Apply**）

4）点击 **Close**



F.8.1.20

三）创建矢量场覆盖图

1. 如何产生场图：

1）选择菜单*编辑> 选择> 名称（Edit > Select > By Name）*

2）选择物体对话框

a. 选择物体名称： **P ort1**

b. 点击 O K

3) 选择菜单 ***HFSS > 场 > 场> 电场 > 电场向量(HFSS > Fields > Fields > E > Vector_E）***

4）产生场图窗口

a. 解：**Setup1 : LastAdaptive**

b. 待绘变量：电场向量（**Vector_E**）

c. 体积：所有（**ALL**）

d. 点击完成（**Done**）

2. 如何修改场图特性

1）选择 ***HFSS > 场> 修改场图特性（HFSS > Fields > Modify Plot Attributes）***

2）选择折叠图窗口

a. 选择：电场（**E Field**）

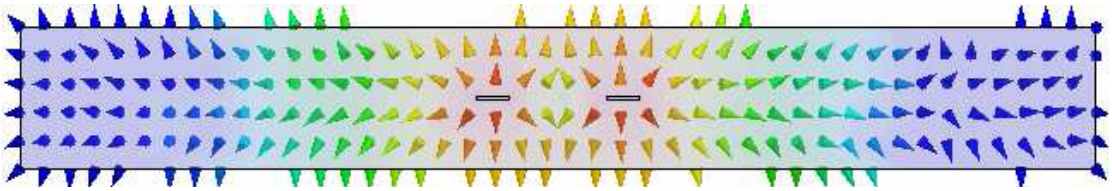
b. 点击 **OK**

3) 电场窗口

a. 点击标志/箭头（**Marker/Arrow**）

- Type : 圆柱（**Cylinder**）
- 不勾选地图尺寸（Map Size）
- 不勾选箭头比例（Arrow Tale）:
- 如果实时模式没有选上，点击应用（**Apply**）

4）点击 Close



F.8.1.21

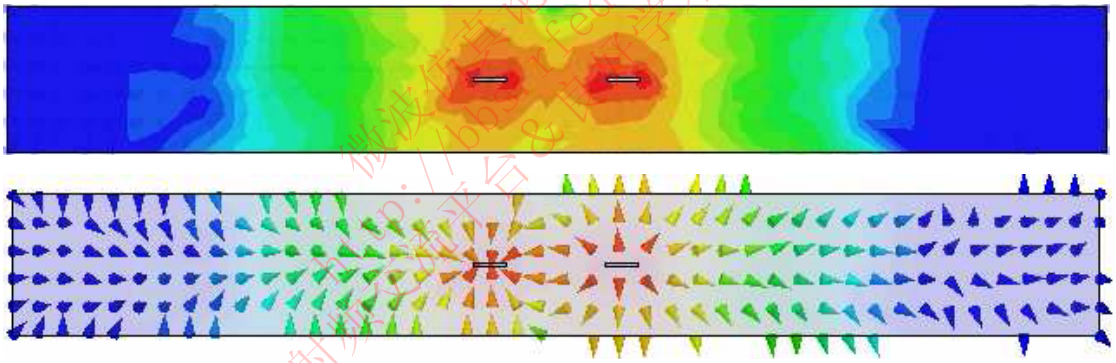
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 良好学术交流氛围

四）设置差模场激励

设置场激励：

1. 选择菜单 **HFSS > 场 >编辑源（HFSS > Fields > Edit Sources）**
2. 编辑源窗口
   1）选择源：**p1:T1**
      a. 模值：**1**
      b. 相位：**0**
   2) 选择源：**p1:T2**
      a. 模值：**1**
      b. 相位：**180**
   3) 选择源：p 2：T 1
      a. 勾选上 Terminated
      b. 阻抗：5 0
      c. 电抗：**0**
   4）选择源：p 2：T2
      a. 勾选上 Terminated
      b. 阻抗：5 0
      c. 电抗：**0**
   5）点击 **OK**

场会根据变化自动更新。



F. 8. 1. 22

十. 优化设计——参数扫描

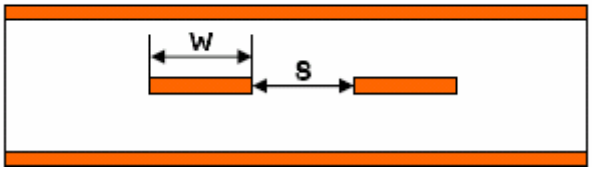
在设计器件的过程中，基于参数扫描的设计趋势变成一种普遍实践。利用优化参数扫描，Ansoft HFSS 能够自动的创建这些设计曲线。

我们将用两个参数来参数化这个设计

1. 变量 W 的变化范围：6 ≤ W ≤ 12 mils
2. 变量 S 的变化范围：15 ≤ S ≤ 21 mils

6 ≤ W ≤ 12 mils

15 ≤ S ≤ 21 mils



F. 8. 1. 23

在后续工作中，你将能够看到结果，也可以看到差分对阻抗如何随着迹线的宽度变量 W 和他们的间距变量 S 变化而变化。

一）增加参数扫描

1. 选择菜单 ***HFSS > 优化分析> 增加参数（HFSS > Optimetrics Analysis > Add Parametric）***

2. **扫描分析（ Sweep Analysis）**设置窗口

1）点击**扫描定义（Sweep Definitions）** 窗口

a. 点击**增加（Add）**

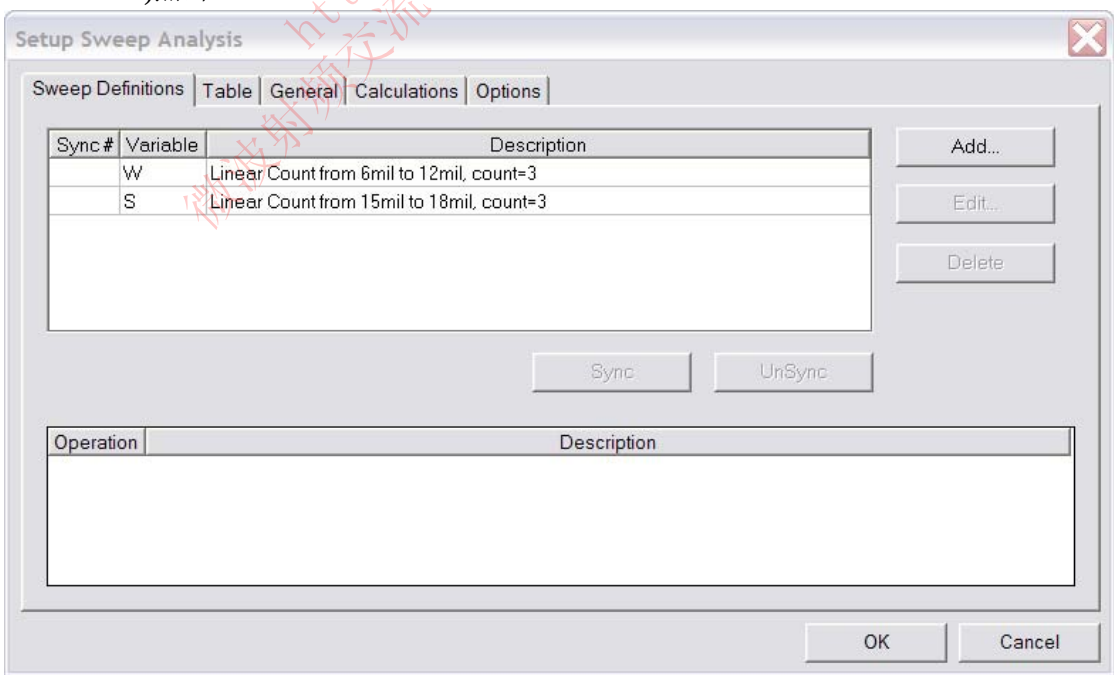
b. 编辑/增加 扫描对话框

- 变量：**w**
- 选择：**线性点数（Linear Count）**
- 开始：**6mil**
- 停止：**12mil**
- 数目：**3**
- 点击***增加按钮（Add >>button）***
- 变量： **S**
- 选择**线性点数（Linear Count）**
- 开始： **1 5 mil**
- 停止： **2 1 mil**
- 数目：**3**
- 点击***增加按钮（Add >>button）***
- 点击 O K

2）点击**选项（Options）**

勾选上保存场合网格（Save Fields And Mesh）

3)点击 O K



F. 8. 1. 24

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

二）保存项目

1．在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单*文件> 保存（File > Save As）*

三）分析

1．模型确认

怎样确认模型

1）选择菜单 ***HFSS > 模型检查（HFSS > Validation Check）***

2）点击 **close**

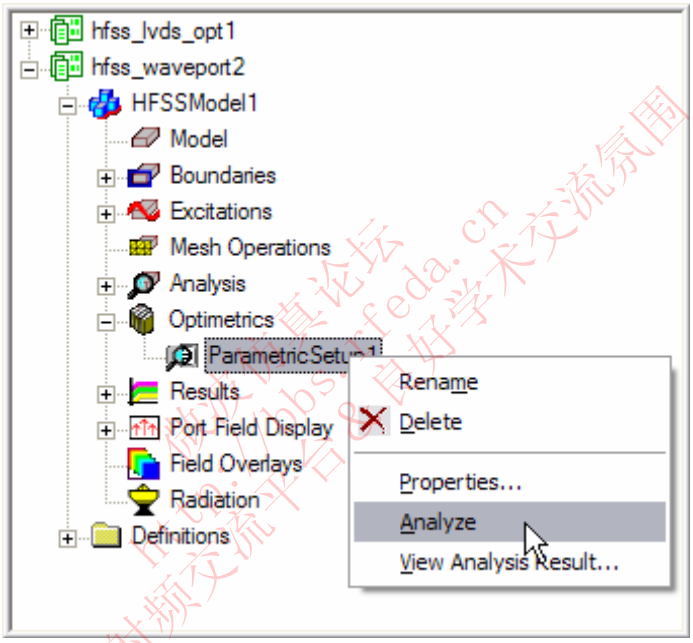
注意：在管理信息窗口中你可以看到警告或者错误信息

2. 分析

开始求解过程

1) 在项目树中展开在**优化（Optimetrics）**下的子菜单

2) 鼠标右击**分析设置 1（ParametricSetup1）**，选择**分析（Analyze）**



F.8.1.25

四）生成报告

创建随变量 S 变化的终端阻抗 Zo

1. 选择菜单 ***HFSS > 结果 > 生成报告（HFSS > Results > Create Report）***

2．生成报告窗口：

1）报告类型：**终端 S 参数（Terminal S Parameters）**

2）显示类型：**矩形（Rectangular）**

3）点击 O K

3．跟踪窗口

1）解：**Setup1: LastAdaptive**

2）点击扫描

a. 选择*设计扫描和工程变量值按钮（Sweep Design and Project Variable Values）*

b. 在表格的名称（name）列中点击**频率（Freq）**将其改变为 S，作为扫描参数

3）点击 Y

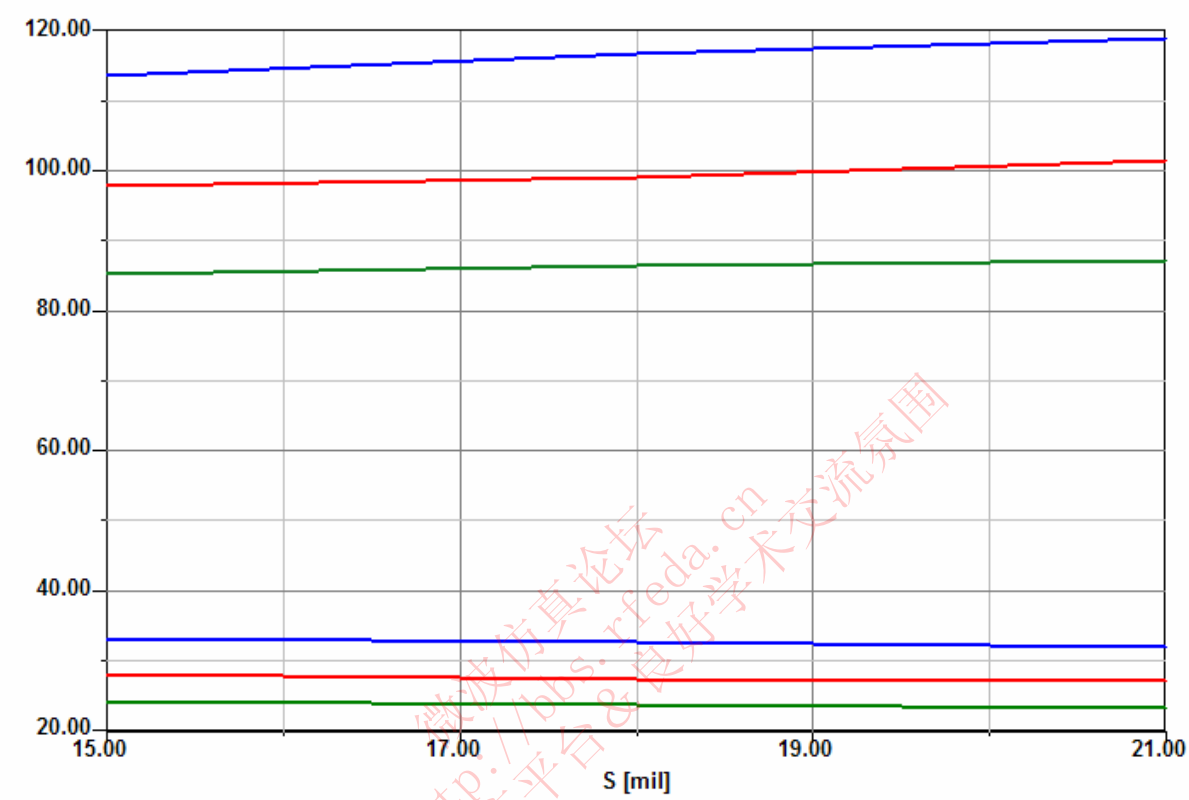
a. 目录：**终端阻抗（Terminal Port Zo）**

b. 数量：**Zot(p1:Diff1,p1:Diff1), Zot(p1:Comm1,p1:Comm1)**

b. 作用：**Mag**

c. 点击 **Add Trace**

4) 点击 **Done**



F. 8. 2. 26

五）场覆盖

1. 创建随变量 S 变化的场覆盖图

利用项目数，展开**场覆盖图，电场（Field Overlay, E Field）**.

1）双击 Mag_E1 使得场图可见

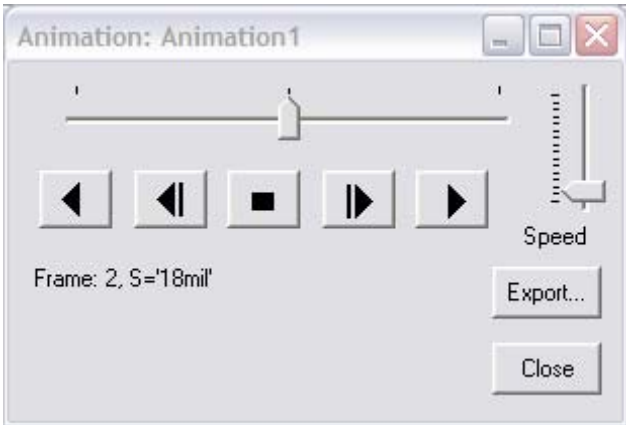
2）右击 Mag_E1 ，选择**动画（Animate）**

3）动画设置

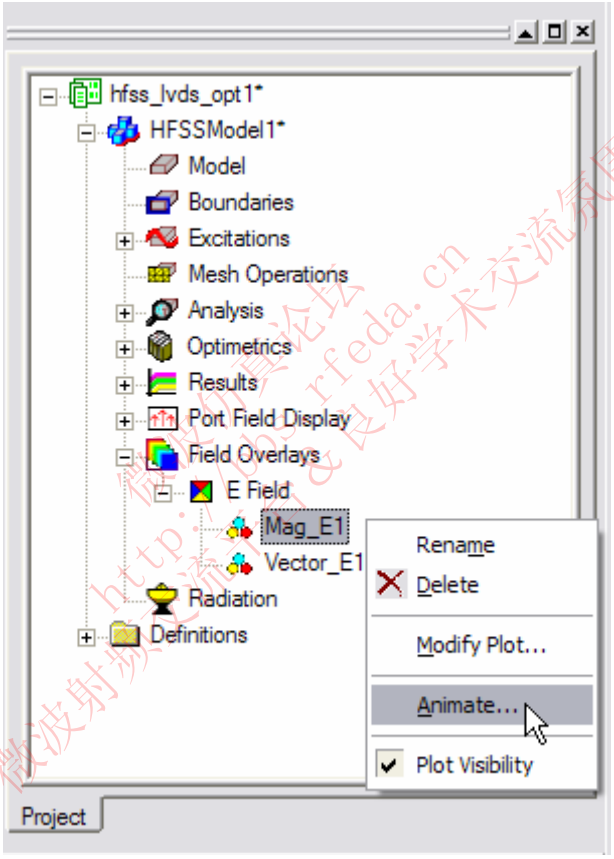
a. 扫描参数：**S**

b. 点击 **OK**

4) 此时动画对话框出现



F. 8. 1. 27



F. 8. 1. 28

2. 保存项目

如何保存项目

1) 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择*文件>保存（File > Save）*.

3. 退出 HFSS

1) 选择菜单*文件>退出（File > Exit）*

若果提示保存变化

b：利用 Ansoft Designer 进行瞬时仿真

一. 启动 Ansoft Designer

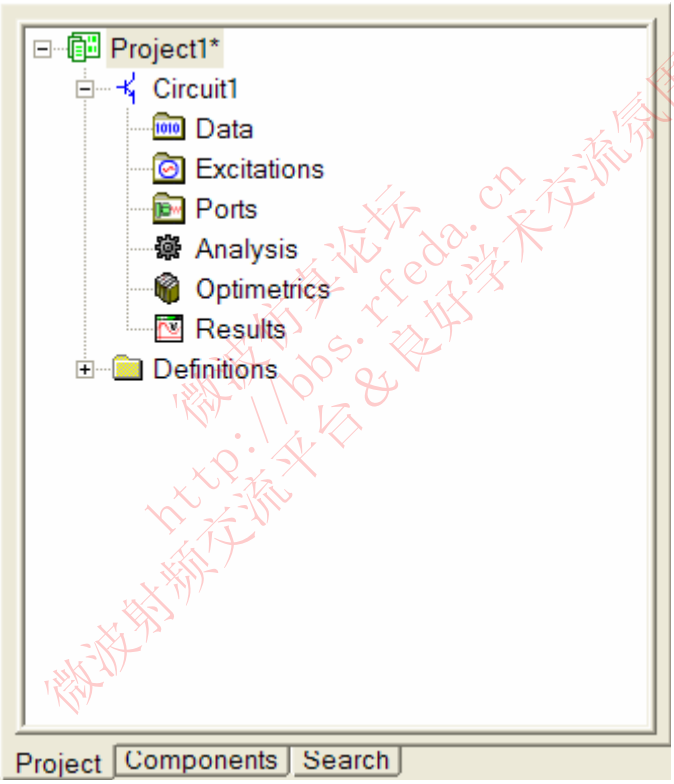
点击**开始**按钮，选择**程序(Programs)**，再选择 **Designer** 项目组，点击 **Ansoft Designer**，启动 **Designer**。

二. 打开一个新工程

如何打开一个新工程

1. 在 Ansoft Designer 窗口中，点击标准工具栏上的□，或者选择菜单***文件>新建（File > New）***
2. 在 Project 的菜单中点击***插入电路设计（Insert Circuit Design）***
3. 当有提示**选择版面布局设计技术（Choose Layout Technology）时，**点击**没有（None）**

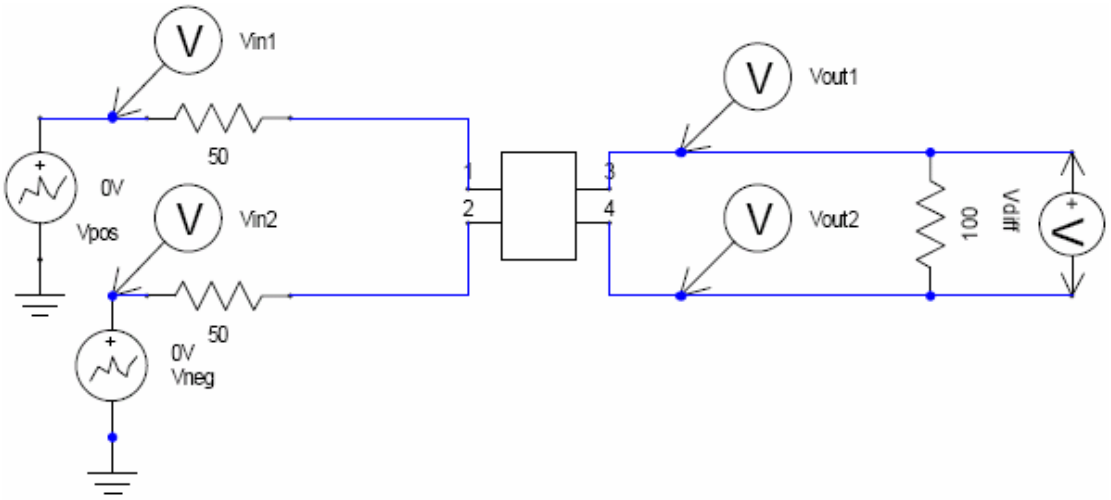
注意：在这个例子中，我们将不设计版图，也不使用需要衬底或分层信息的传输线等元器件。如果需要，我们建议你从列表中选取分层或者你可以自己创建一个。



F. 8. 1. 29 工程管理窗口

三. 建立电路

电路形式如图 F. 8. 1. 30



F. 8. 1. 30

一) 放置元件

1. 导入 S 参数

1）选择菜单*画图>N 端口（Draw > N-Port）*或者点击工具栏上的 。

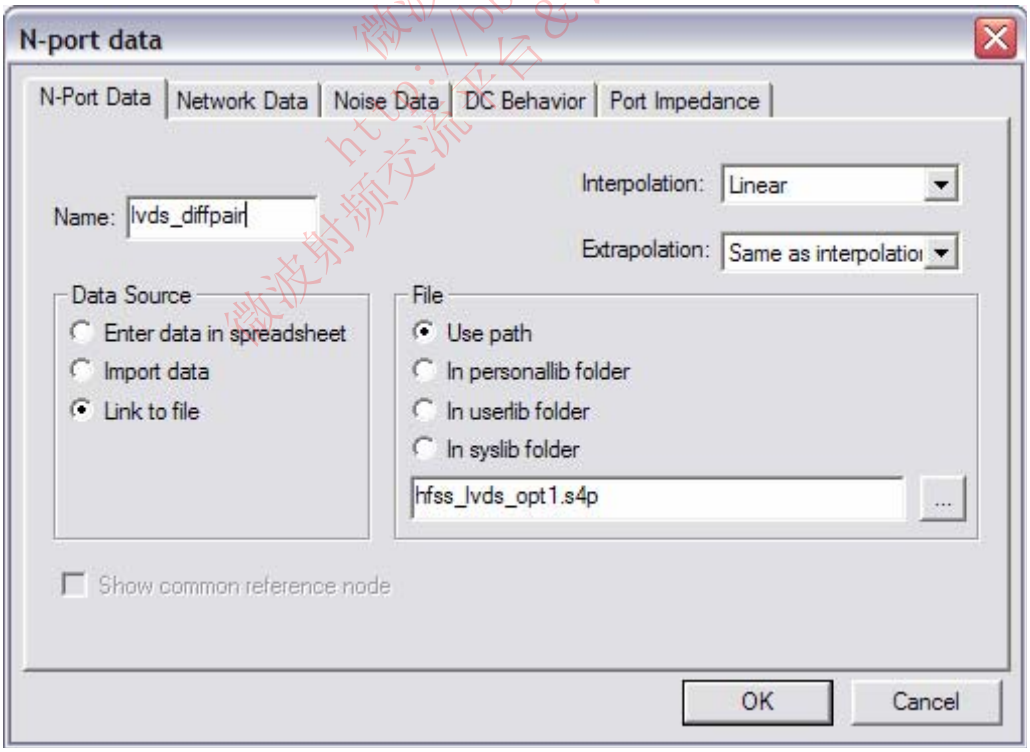
2）在 N-端口数据的窗口如图 F8.1.31 所示

a. 选择**连接到文件（Link to file）**

b. 点击浏览按钮装载，选择你要装载的文件名：**hfss_lvds_diffpair.s4p**

c. 点击**打开（Open）**

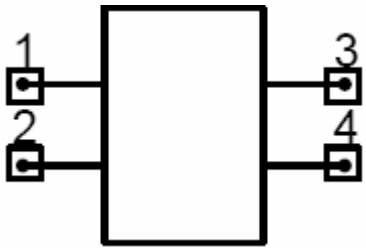
3) 点击 OK



F.8.1.31

4) 在屏幕的中央单击鼠标左键，放置这个导入的新元件如图 F.8.1.32 所示

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F.8.1.32

二）放置元件——继续

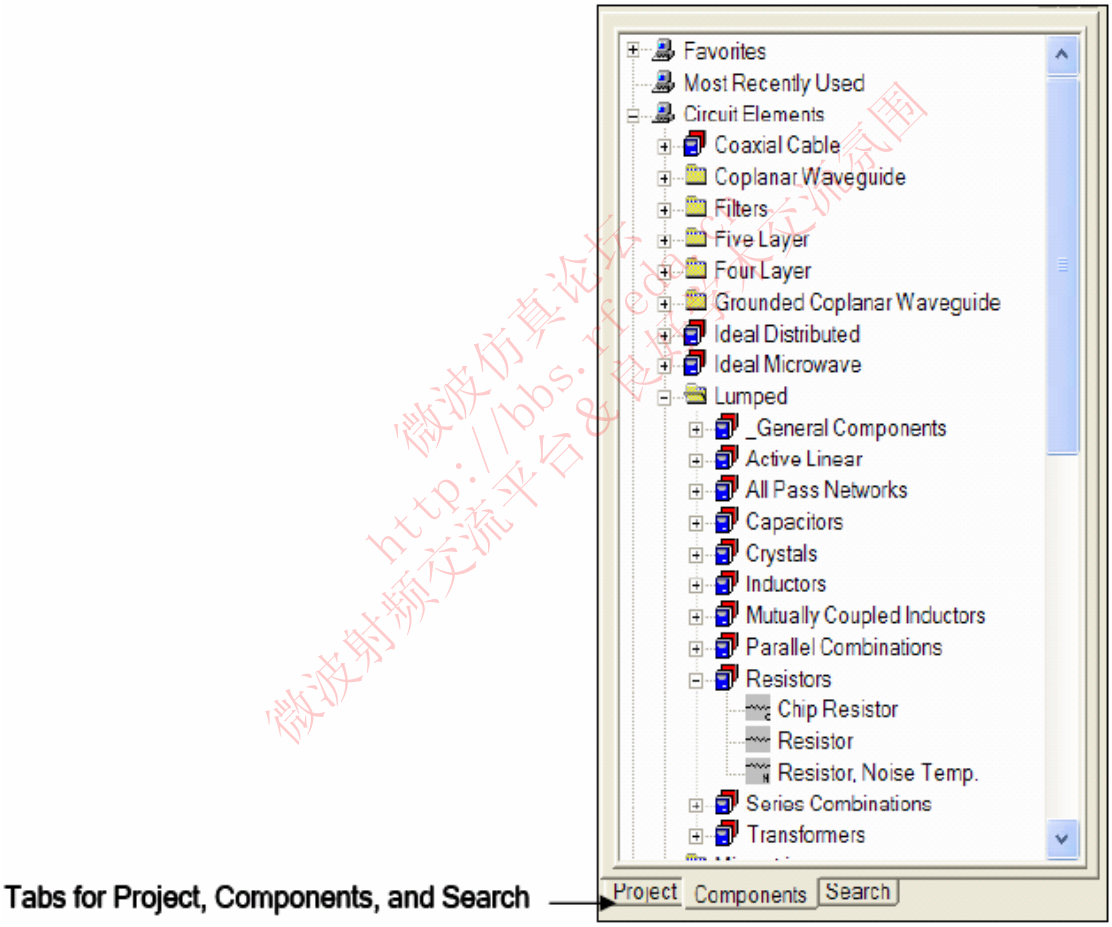
1. 放置电阻，电压源，电压探测元件

1）点击工程管理（**Project Manager**）中的元件（**Components**），如图 F.8.1.33

a. 电阻：展开集成>电阻（**Lumped -> Resistors**）

b. 电压源：展开源>独立源（**Sources -> Independent Sources**）

c. 电压探测元件：展开探针（**Probes**）



F.8.1.33

三）元件放置——继续

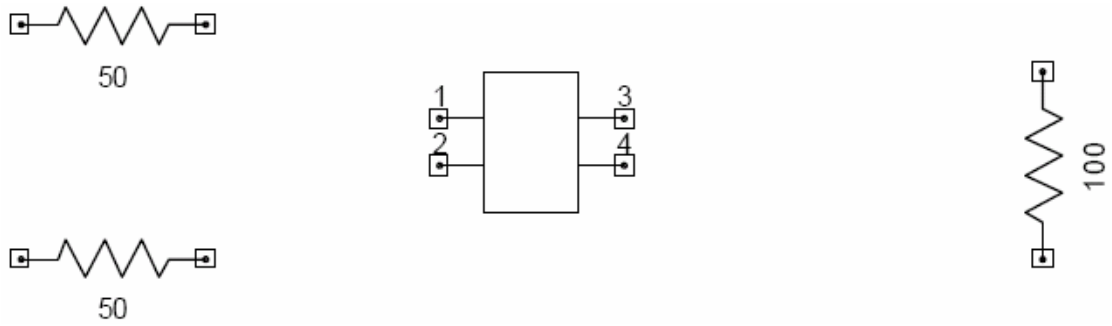
1. 在电路图中放置 3 个电阻

1）在元件标签（Components Tab）中，展开集成>电阻 **Lumped -> Resistors**，双击电阻 **Resistors**

2）在电路图中单击左键 3 次放置 3 个电阻元件，如图 F.8.1.34

3）结束放置，单击右键，选择完成（**Finish**）

提示：在放置元件之前按下 R 键旋转元件，如果器件已经放下了，按<ctrl> R 旋转。



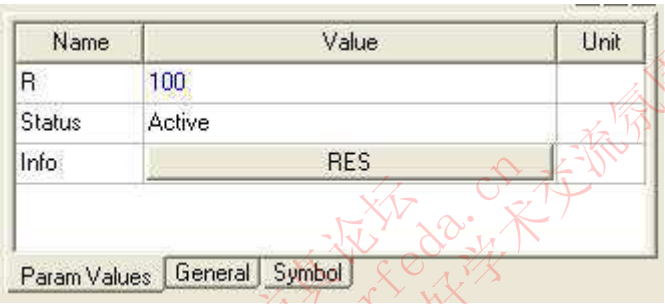
F.8.1.34

2. 改变电阻值

1) 鼠标右击元件，在下拉菜单中选择**性质（Properties）**如图 F.8.1.35

2) 把值 **1 0 0** 改为 **5 0**，**回车**

注意：做为另外一种选择，鼠标左键在电阻上按住不放，把**性质（Properties）**窗口，把值 **1 0 0** 改为 **5 0**，**回车**



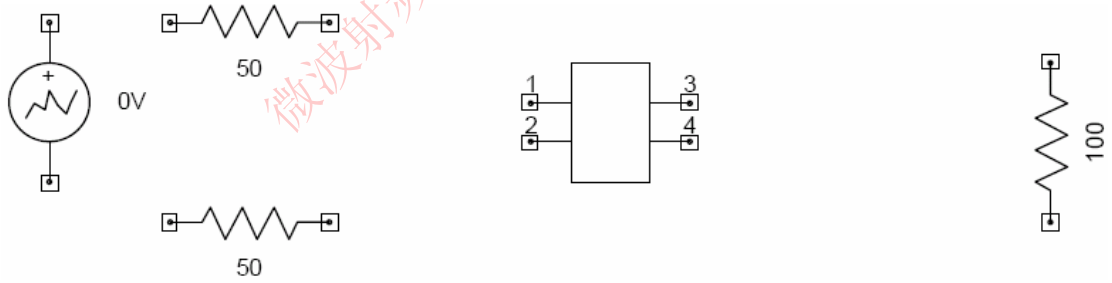
F.8.1.35

3. 放置分段线性源

1) 在**元件窗口（Components Tab）**中，展开**独立源（Independent Sources）**，双击**电压源（Voltage Source）**

2）左击在电路图中放置元件

3）点击**空白栏（space bar）**结束放置元件



F.8.1.36

4. 源选择对话框：图 F.8.1.37

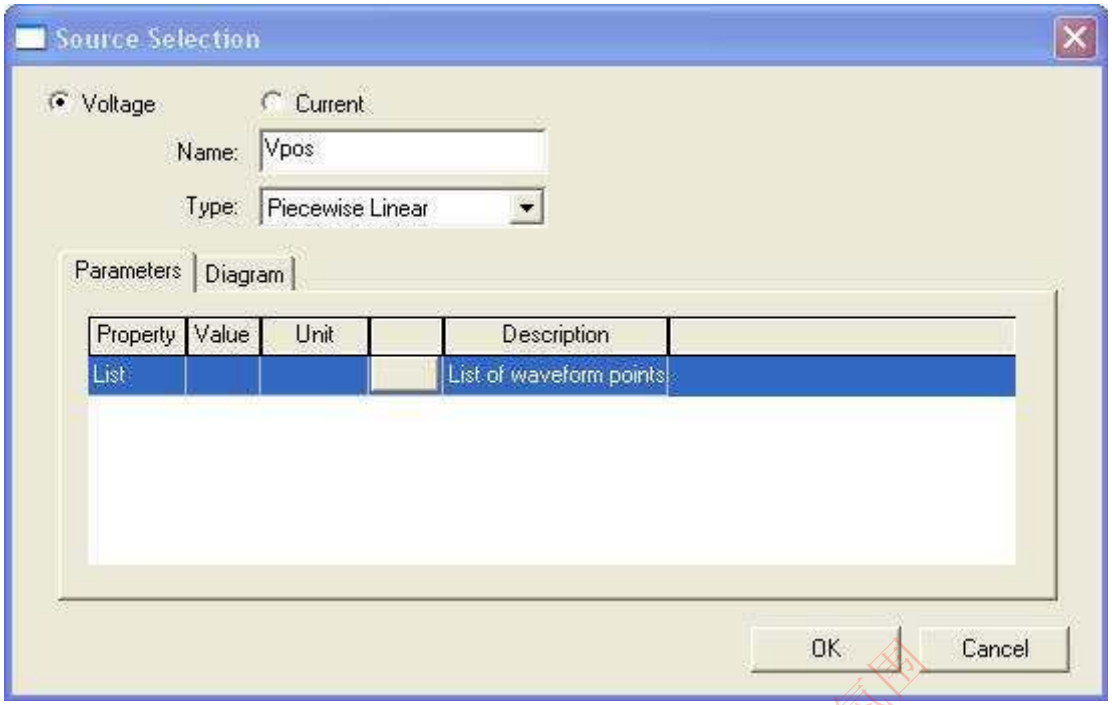
1）在**性质（Properties）**窗口中，点击**编辑（Edit）**

2）在**名称（name）**中输入 Vpos

3）对于**类型（tpye）**,选择**分段线性（Piecewise Linear）**

4）点击**波形列表（Waveform List Box）**（在下图中处于 **Unit** 和 **Description** 之间没有标记的部分）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



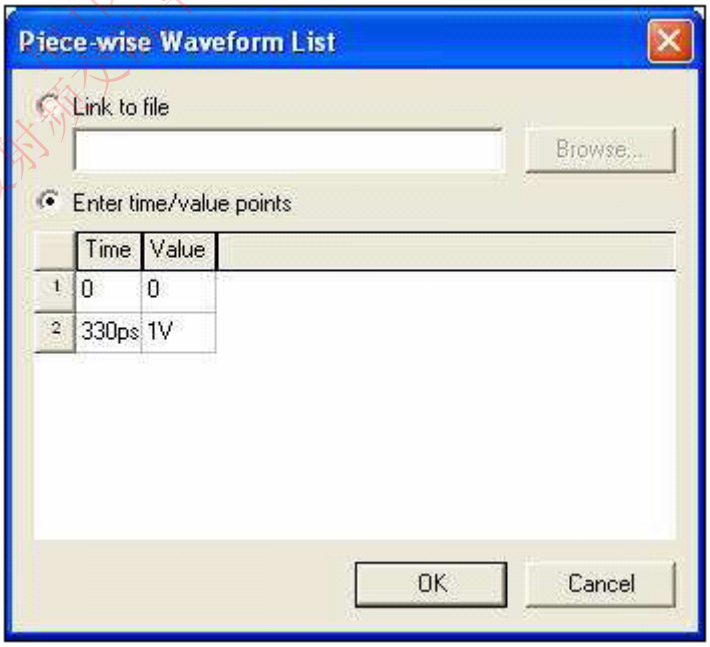
F.8.1.37

5. 分段波形列表(Piece-wise Waveform list)对话框：F.8.1.38

1) 点击选取**输入时间/值点（Enter time/value points）**

2）输入两个点：

Time	Value
0	0
330ps	1V



F.8.1.38

注意：确认你在输入值之后按回车

1）点击ＯＫ结束

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 平台&良好学术交流氛围

2）点击ＯＫ推出**选择源（Source Selection）**

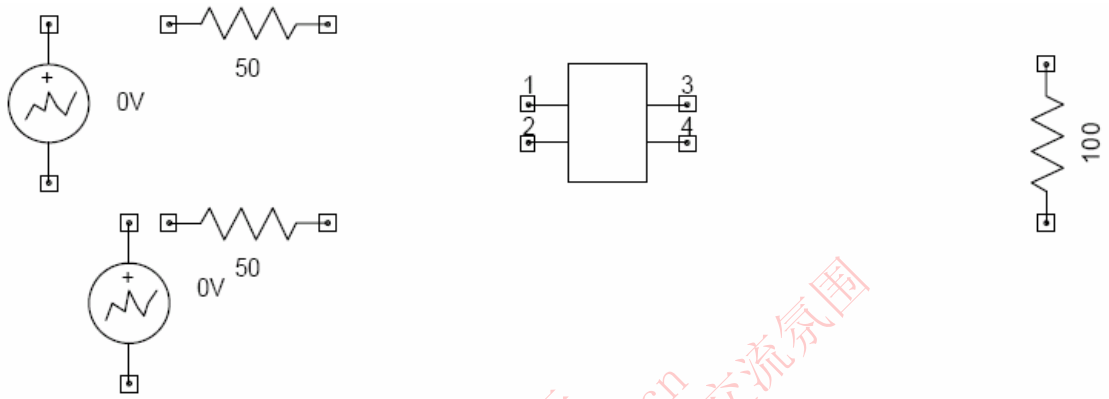
6. 增加第二个源

1) 重复放置第一个源的过程，除了以下的变化

a) 名称：**Vneg**

b) 数据：

Time	Value
0	0
330ps	-1V



F.8.1.39

四）元件放置——继续

1．布置元件之间导线

1）选择菜单*画图-> 导线（Draw -> Wire）*

2）放置指针（现在是一个Ｘ）在一个节点上，左击鼠标一次

3）拖动鼠标到连接点，左击鼠标一次

4）重复一下过程，直到连接如下图所示

2. 增加地连接

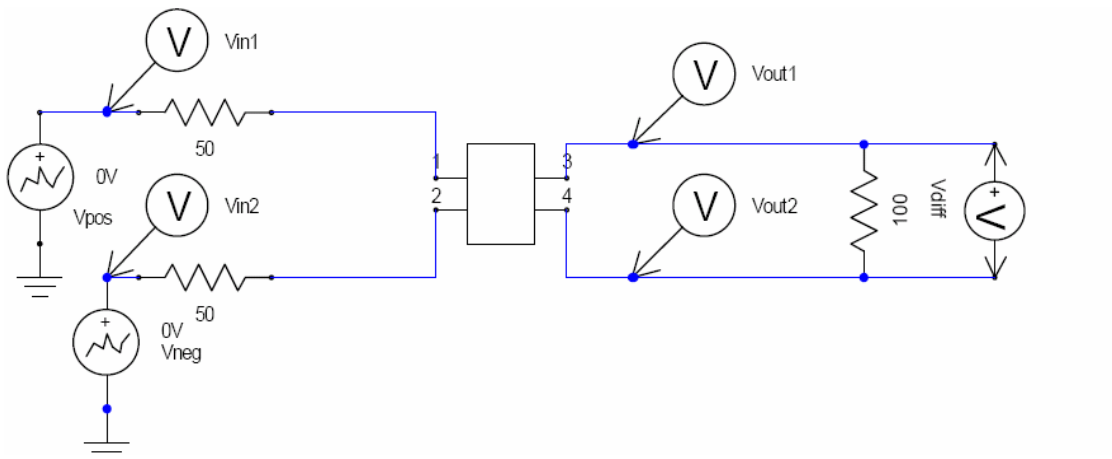
1）选择菜单*画图>地*（你也可以选择工具栏中的相应图标）

2）在电压源的终端连两接地线

3. 增加电压探测元件：

1. 在**元件（Components）**窗口中，展开**探针（Probes）**
2. 放置 4 个 Voltage Probes，分别取名为：**Vin1, Vin2, Vout1, Vout2**
3. 在 100 欧姆的电阻上放置一个 Voltage Probe w/Ref. Node，取名为 **Vdiff**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围



F. 8. 1. 40

五）保存工程

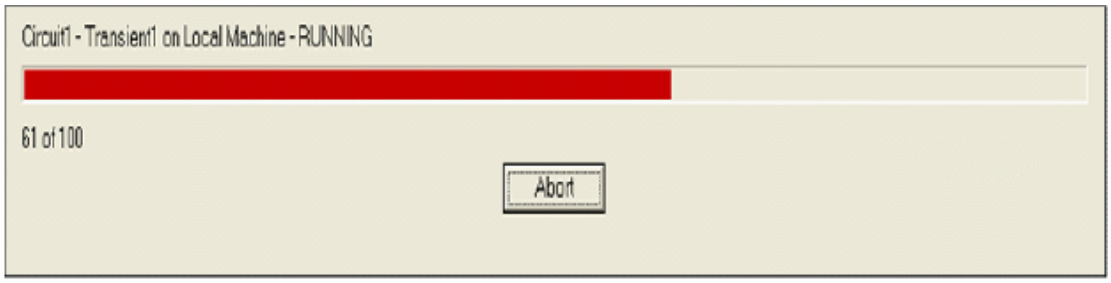
保存一个项目

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，选择菜单**文件-> 保存（File > Save As）**
2. 在 Save as 的窗口中，输入文件名 **lvds_diffpair_transient**
3. 点击 **Save**

四. 分析设置

（一）创建分析设置

1. 在**项目管理（Project Manager）**窗口中，点击**项目（Project）**.
2. 选择菜单*电路-> 增加分析设置（Circuit -> Add Solution Setup）*
3. 分析设置窗口
   1）对于**分析类型（Analysis Type）**，选择**瞬态分析（Transient Analysis）**
   2）点击**下一步（next）**
   3）分析控制
      a. 分析长度：**2ns**
      b. 最大云迎步进时间：**1ps**
   4) 卷积控制
      a. 最大采样频率：**8G**
      b. 频率差：**0.01G**
   5) 点击**完成（Finish）**
4.选择菜单*电路-> 分析（Circuit -> Analyze）*



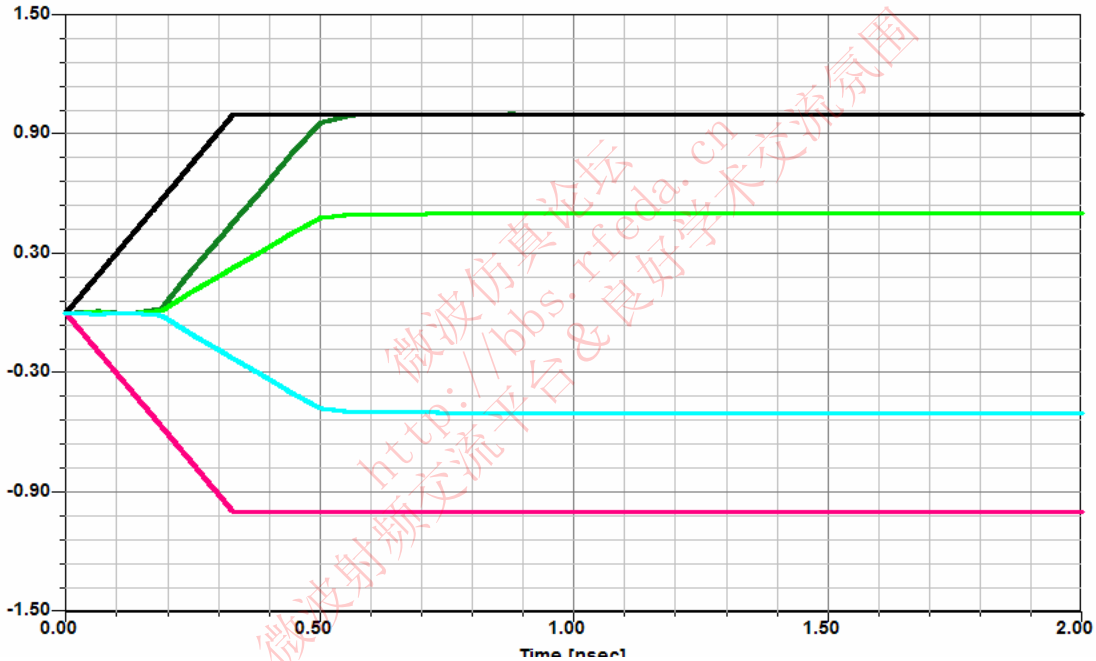
F. 8. 1. 41

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&设计学术交流氛围

五. 生成报告

一）描绘输入，输出和差分信号波形图

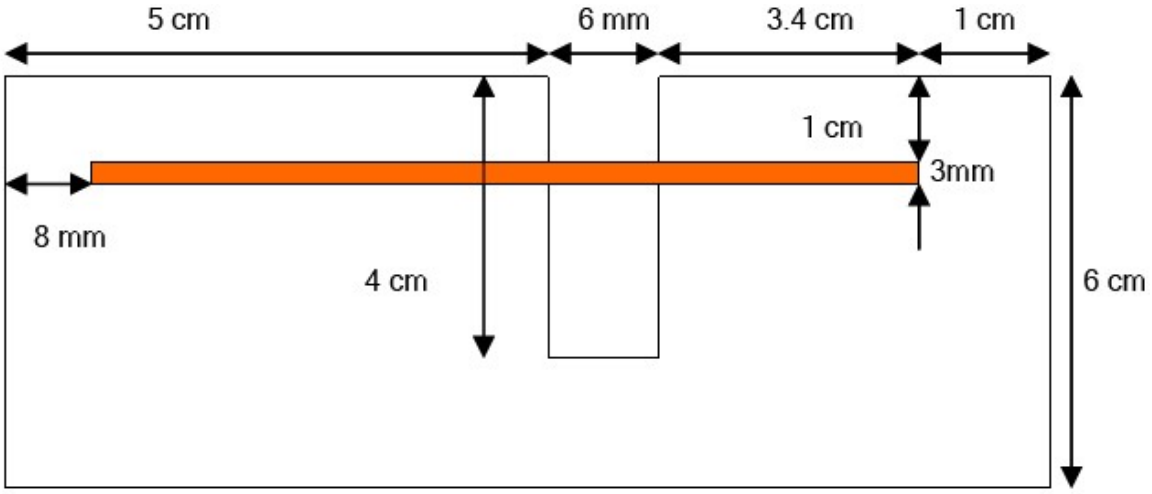
1. 选择菜单电路-> 生成报告 **Circuit -> Create Report**
2. 生成报告窗口
   1）报告类型：标准（**Standard**）
   2）显示形式：矩形窗口（**Rectangular Plot**）
   3）点击ＯＫ
3. 跟踪窗口（Trace Window）
   1）目录：电压（**Voltage**）
   2）数量：**V(VPRB:Vin1)**，**V(VPRB:Vin2), V(VPRB:Vout1)**，**V(VPRB:Vout2), V(VPRB:Diff)**
   3）单位：**<none>**
   4）点击：增加曲线（**Add Trace**）
   5）点击完成（Ｄone）

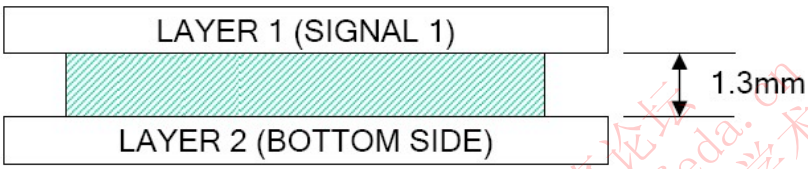


F. 8. 1. 42

第二节 分段回路 a

这个例子教你如何在 **HFSS** 设计环境下创建、仿真、分析开缝地平面上的带线。





设计参数：

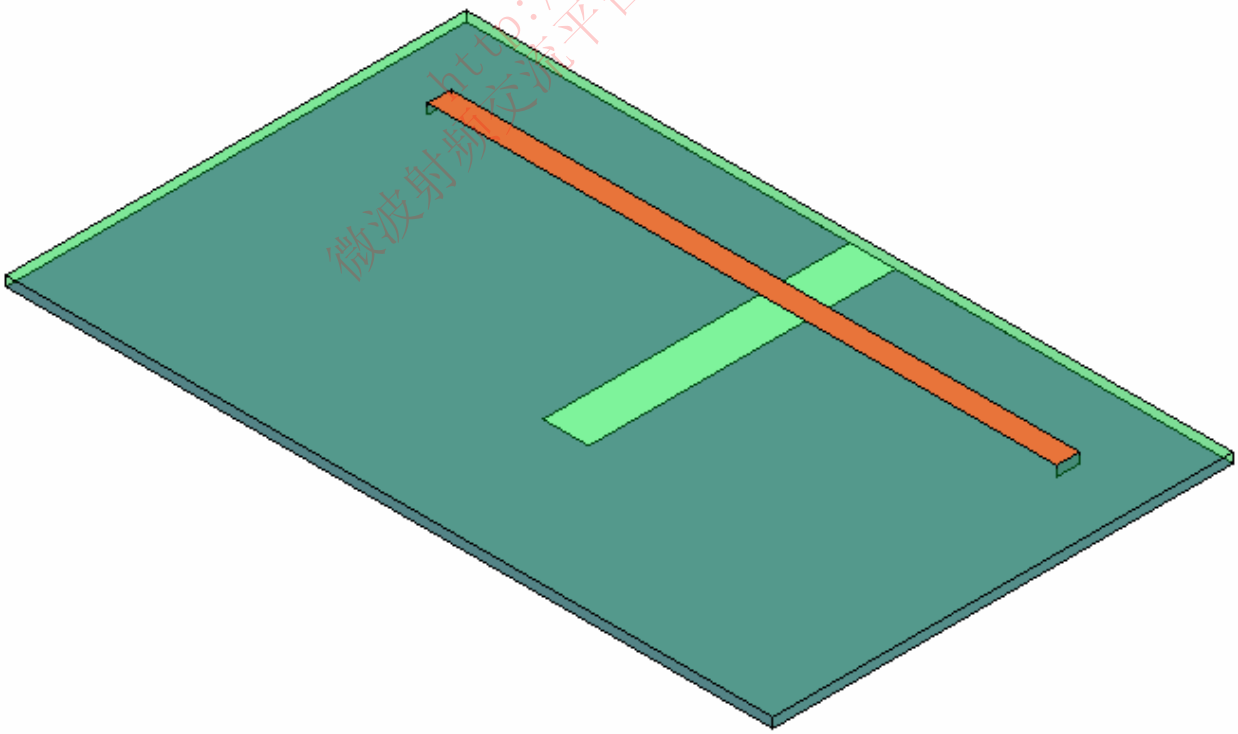
底板：厚度=1.3mm

$\varepsilon_r = 4.5$

带线：长度=8.2cm

终端=47 欧

F.8.2.1



F.8.2.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一、HFSS 设计环境

在此无源器件模型的创建中，用到了 Ansoft hfss 设计环境的下列特色。

一） **3D 固体模型**

- Primitives: **Box**， **Rectangles**
- 布尔操作： Substract

二） **边界条件/激励**

- 端口：Lumped Port， Terminal Lines
- 边界条件：Lumped RLC， PML

三） **分析**

- 扫描：Interpolating Sweep

四） **结果**

- Cartesian and Smith Chart plotting

五） **场覆盖图**

- Magnitude and Vector Field Plotting
- Animation

二、设计回顾

一） **在开始设计之前我们先总结一下设计要求：**

1. 带线宽=3mm
2. 带线长=8.2cm
3. 介质高度=1.3mm
4. 端口尺寸/类型=？？？
5. 自由空间=PML(完全匹配层)或辐射边界条件

二） **端口尺寸/类型**

1. 由于带线在模型内部，因此采用集总缝隙源(lumped gap source)端口。

三） **带线的厚度/材料特性**

2. 首先，我们做一个工程假设，设带线的厚度和电导率不会对设备的性能产生影响，这将会加速模拟过程。

四） **自由空间**

1. 可以预计，由于地板上缝隙的存在，将会产生一些辐射，但不会太强。辐射的入射角未知，所以这里应该用一个 PML。最大的空间约为 λ /20 @ 1GHz，这个数值大约为 1.5cm。

三、开始

一） **启动 Ansoft hfss**

1. 点击桌面上的“开始”按钮，选择“程序”，选“Ansoft， HFSS 10”程序组菜单，点击“HFSS 10”进入 hfss 操作界面。

二） **设置工具选项**

注意：为了确保与本例中列出的步骤相一致，请确认完成以下设置：

1. 选择菜单项：***Tools > Options > HFSS Options***
2. 在出现的 Hfss 选项窗口中：
   1) 点击 **General**
      a. 勾选 Use Wizards for data entry when creating new boundaries:用向导来输入数据：☑**Checked**
      b. 勾选 Duplicate boundaries with geometry 用几何结构来复制边界：☑**Checked**

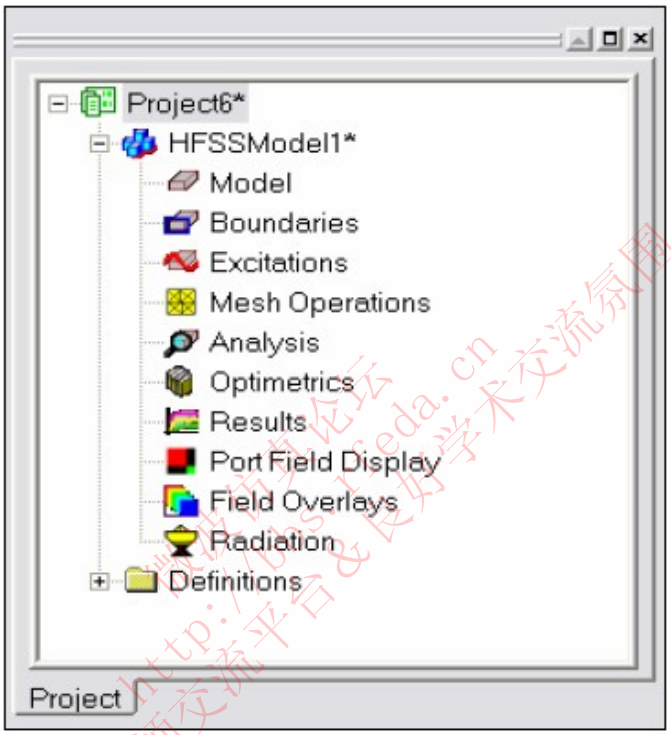
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2)点击 **OK** 按钮

3. 选择菜单项：***Tools > Options > 3D Modeler Options***
4. 在弹出的三维模型选项窗口中：
   1) 在 Operation 标签中，选中 Automatically cover closed polylines 前的复选框☑**Checked**
   2) 在 Drawing 标签中，选中 Edit property of new primitives 前的复选框☑**Checked**
   3) 点击 **OK** 按钮。

三) 打开一个新的工程

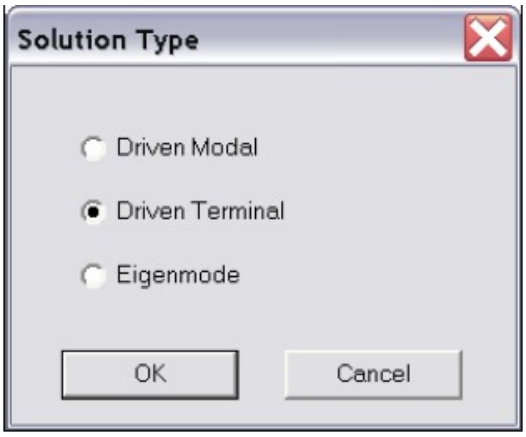
1. 在 Ansoft Hfss 窗口的标准工具栏中，点击 按钮，或者选择菜单项 ***File > New***。
2. 从 Project 菜单中选择插入 Hfss 设计(***Insert HFSS Design***)项。



F.8.2.3

四) 设置解的类型

1. 选择菜单项 ***HFSS > Solution Type***
2. 在弹出的求解类型窗口中，选择驱动终端(**Driven Terminal**)，点击 **OK** 按钮。

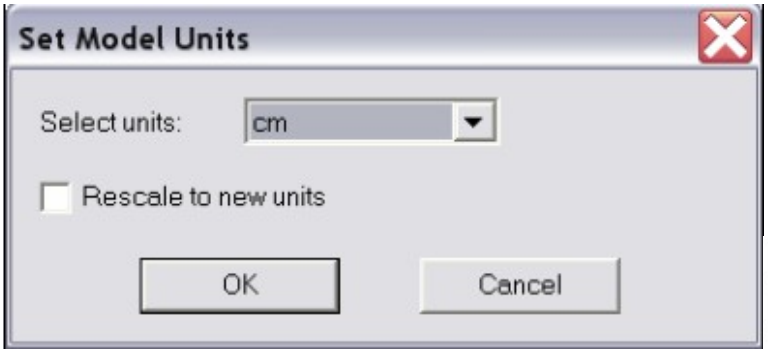


F.8.2.4

四、创建三维模型

一）设置结构的单位

选择菜单项 ***3D Modeler > Units***，在弹出的窗口中作如下设置：(选择单位)：厘米(Select Units: **cm**)，点击 **OK** 按钮。



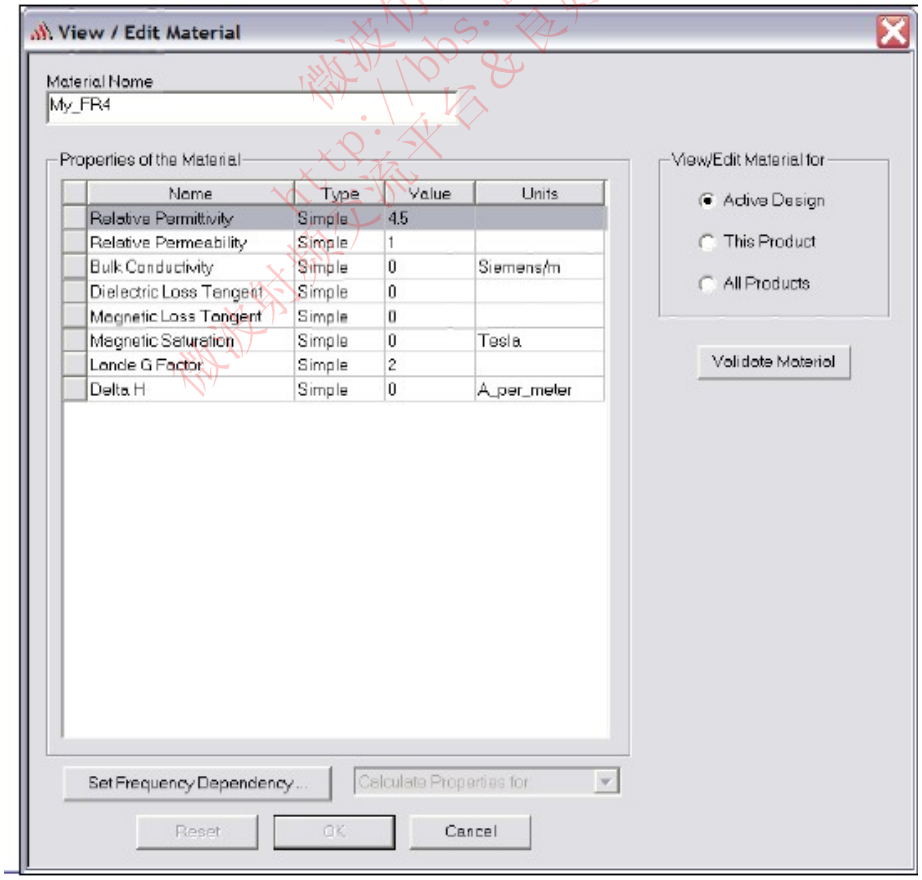
F.8.2.5　　F.8.2.6

二）设置默认材料

在 **3D Modeler Materials** 工具栏，点击选择 **Select**，在弹出的定义窗口中，点击“添加材料”按钮(**Add Material**)，在弹出的查看/编辑材料窗口中：

1) 在材料名称 **Material Name** 栏输入：**My_FR4**
2) 在相对介电常数值 **Value of Relative Permittivity** 栏输入：**4.5**
3) 点击 **OK** 按钮

点击 **OK** 按钮。



F.8.2.7

三) 创建基板

1) 选择菜单项 ***Draw*** > ***Box***，在坐标输入区域，输入长方体的位置：

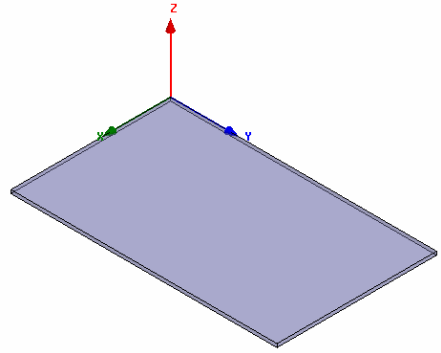
X:0.0， Y:0.0， Z:0.0 ， 按下回车键

2) 同样，在坐标输入区域，输入长方体的长宽高：

dX: 6.0， dY: 10.0， dZ: -1.3mm， 按下回车键

3) 设置名称

在属性窗口(**Properties**)中选择 **Attribute** 标签，在名称(**Value of Name**)一项中输入：**Board**，点击 **OK** 按钮。



F.8.2.8

4) 在菜单中选择 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 或者按下快捷键 **CTRL+D** 来将物体调整到与窗口相吻合的大小。

四) 创建地面

1)选择菜单栏 ***Draw*** > ***Rectangle***，在坐标输入区域输入长方形的位置坐标：

X: 0.0， Y: 0.0， Z: -1.3mm，按下回车键

2)同样，在坐标输入区域输入长方形的长宽：

dX: 6.0， dY: 10.0， dZ: 0.0，按下回车键

3)设置名称

在属性窗口(**Properties**)中选择 **Attribute** 标签，在名称(**Value of Name**)一项中输入：**Ground**，点击 **OK** 按钮。

4)在菜单中选择 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 或者按下快捷键 **CTRL+D** 来将物体调整到与窗口相吻合的大小。

五) 创建偏移坐标系统

选择菜单项：***3D Modeler*** > ***Coordinate System*** > ***Create*** >***Relative CS*** > ***Offset***

在坐标输入区域输入原点坐标：**X: 0.0， Y: 5.0， Z: -1.3mm**，按下回车键。

六) 创建地面裁切的部分

1) 选择菜单项 ***Draw*** > ***Rectangle***，在坐标输入区域输入长方形起始坐标：**X: 0.0， Y: 0.0， Z: 0.0**，按下回车键。

2)在坐标输入区域输入长方形的长和宽：**dX: 4.0， dY: 6.0mm， dZ: 0.0**，按下回车键。

3)选择地面和裁切面

选择菜单项 ***Edit*** > ***Select*** > ***By Name***，在 Object 对话框，选择物体名称 **Ground**，**Rectangle1**，点击 **OK** 按钮。

4)完成对地面的设置

选择菜单项：***3D Modeler*** > ***Boolean*** > ***Subtract***，弹出相减窗口(Subtract)，设置如下：

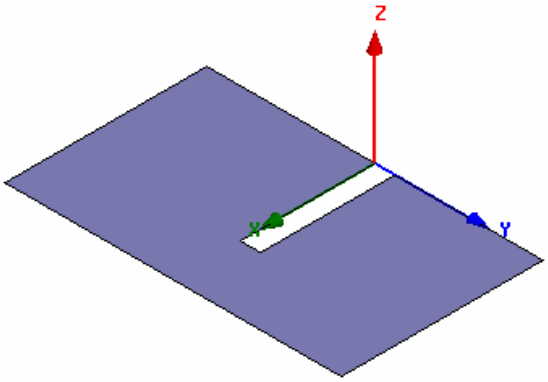
Blank Parts: **Ground**

Tool Parts: **Rectangle1**

在减去前复制目标(**Clone tool objects before subtract**) _不选

点击 **OK** 按钮。

5) 在地面上指定边界条件为电壁：



F.8.2.9

a.选择菜单项 **Edit** > **Select** > **By Name**，在目标窗口中，选择目标名称：**Ground**，点击 **OK** 按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

b.选择菜单项 ***HFSS*** > ***Boundaries*** > ***Assign*** > ***Perfect E***，在 Perfect E 边界窗口中，输入名称(Name): **PerfE_Ground**，点击 **OK** 按钮。

七) **设置工作坐标系统**

选择菜单项 ***3D Modeler*** > ***Coordinate System*** > ***Set Working CS***，在弹出的菜单中选择 CS 为：**Global**，点击选择(**Select**)按钮。

八) **创建偏移坐标系统**

选择菜单项 ***3D Modeler*** > ***Coordinate System*** > ***Create*** > ***Relative CS*** > ***Offset***，在坐标输入区域输入原点位置：

X: 1.0， **Y: 8.0mm**， **Z: 0.0**，回车。

九) **创建带线**

1)选择菜单项 **Draw** > **Rectangle**

2)在坐标输入区域输入长方形位置信息：

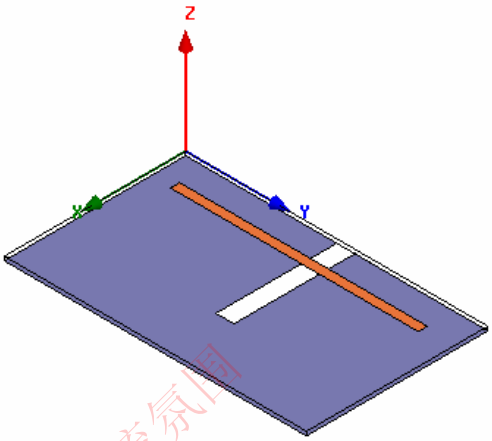
X: 0.0， **Y: 0.0**， **Z: 0.0**，回车；

再在坐标输入区域中输入长宽信息：

dX: 3.0mm， **dY: 8.2**， **dZ: 0.0**，回车。

3) 设置名称。在属性窗口(**Properties**)点击 Attribute 标签，在名称(Name)一栏输入 **Trace**，点击 **OK** 按钮。

4)选择 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 来调整对象大小。



F.8.2.10

十) **对带线指定边界条件为电壁**

1)选择菜单项 ***Edit*** > ***Select*** > ***By Name***，在弹出的目标(**Object**)对话框中选择目标名称为 **Trace**，点击 **OK** 按钮。

2)选择菜单项 ***HFSS*** > ***Boundaries*** > ***Assign*** > ***Perfect E***，在弹出的完全 E 边界条件(**Perfect E Boundary window**)窗口中，设置名称(**Name**)为：**PerfE_Trace**，点击 **OK** 按钮。

十一) **选择菜单项 3D Modeler > Grid Plane > XZ 来设置网格平面**

十二) **创建源**

1)选择菜单项 ***Draw*** > ***Rectangle***，在坐标输入区域输入矩形坐标：

X: 0.0， **Y: 0.0**， **Z: 0.0**，回车。

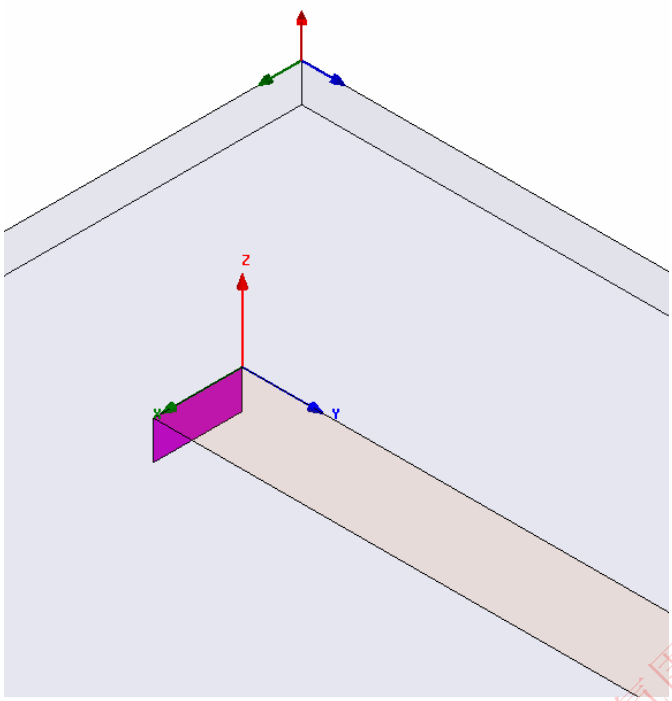
2)再在相同位置的 dX，dY，dZ 输入区域中输入：

dX: 3.0mm， **dY: 0.0**， **dZ: -1.3mm**，回车。

3)设置名称。在属性窗口(**Properties**)点击 **Attribute** 标签，在名称(**Name**)一栏输入 **Source**，点击 **OK** 按钮。

4)选择 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 来调整对象大小。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 以好学术交流氛围



F.8.2.11

十三) **分配激励**

1)选择菜单项 ***Edit*** > ***Select*** > ***By Name***，在弹出的目标(Object)对话框中选择目标名称为 **Source**，点击 **OK** 按钮。

注：也可以在模型树(**Model Tree**)中直接选择目标。

2)指定集总端口

a．选择菜单项：***itemHFSS*** > ***Excitations*** > ***Assign*** > ***Lumped Port***，填入一下信息：

(集总端口)Lumped Port : **General**

(名称)Name: **p1**，

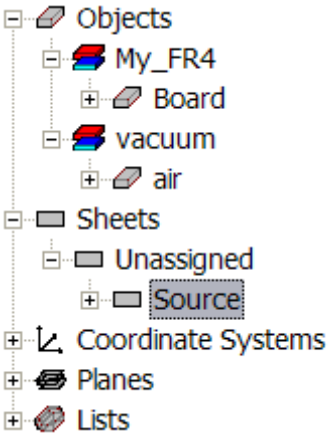
(电阻)Resistance: **50**

(电抗) Reactance: **0**

单击下一步(**Next**)

b．集总端口(Lumped Port) : **Terminals**

端口数量(Number of Terminals): **1**，



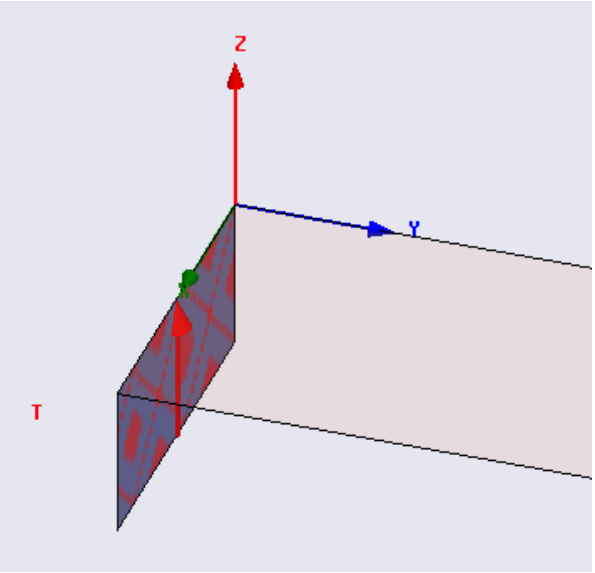
F.8.2.12

对于T1， 点击 **Undefined** 一项，选择 **New Line**，在坐标输入区域中输入矢量初始位置:：**X: 1.5mm**， **Y: 0.0**， **Z: -1.3mm**，回车

在坐标输入区域中输入矢量顶点位置

dX: 0.0， **dY: 0.0**， **dZ: 1.3mm**，回车，点击结束(**Finish**)按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.8.2.13

十四) **创建偏置坐标系统**

选择菜单项**3D Modeler > Coordinate System > Create >Relative CS > Offset**

在坐标输入区域输入原点位置：

X: 0.0， Y: 8.2， Z: 0.0，回车

十五) **创建电阻**

1)选择菜单项 **Draw > Rectangle**，在在坐标输入区域输入矩形点位置坐标：

X: 0.0， Y: 0.0， Z: 0.0，回车

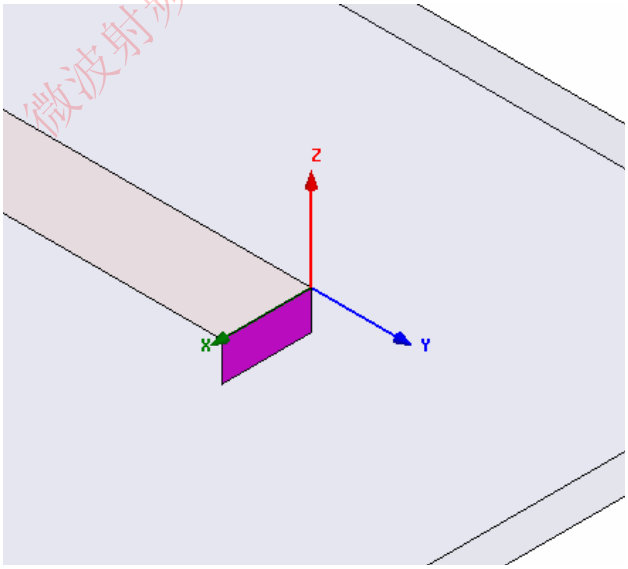
2)再在坐标输入区域的 dX，dY，dZ 输入区域中输入：

dX: 3.0mm， dY: 0.0， dZ: -1.3mm，回车

3)设置名称

在属性窗口(**Properties**)点击 **Attribute** 标签，在名称(**Name**)一栏输入 **Resistor**，点击 **OK** 按钮。

4)选择 **View > Fit All > Active View** 来调整对象大小。



F.8.2.14

十六) **设置集总 RLC 边界**

1)选择菜单项 **Edit > Select > By Name**，在弹出的目标对话框中选择目标名称 **Resistor**，点击

OK 按钮。

2)选择菜单项 **itemHFSS > Boundaries> Assign > Lumped RLC**，设置集总 RLC 边界条件：

名称(**Name**): **R**，

电阻(**Resistance**)选项: 选中

电阻**(Resistance)**: **47 Ohm**

在电流线**(Current Flow Line)**中，点击未定义**(Undefined)** 在下拉菜单中选择 **New Line**

在坐标输入区域中，输入矢量位置：

X: 1.5mm， Y: 0.0， Z: -1.3mm， 回车

在坐标输入区域中，输入矢量顶点位置：

dX: 0.0， dY: 0.0， dZ: 1.3mm， 回车，点击**OK**按钮。

十七) **设置默认材料。在三维模型材料工具栏中选择真空(vacuum)**

十八) **设置工作坐标系统。**

选择菜单项 **3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS**，在坐标系统窗口中，在表单内选择 CS 为：**Global**，点击 **Select** 选择。

十九) **创建空气**

1)选择菜单项 **Draw > Box**，在在坐标输入区域输入长方体位置坐标：

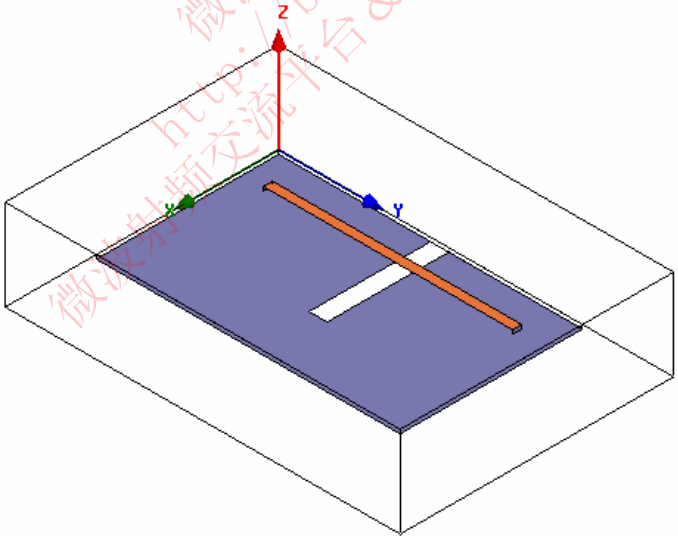
X: -1.5， Y: -1.5， Z: -1.5，回车。

2)再在坐标输入区域的 dX，dY，dZ 输入区域中输入：

dX: 9.0， dY: 13.0， dZ: 3.0，回车。

3)设置名称。在属性窗口(**Properties**)点击 **Attribute** 标签，在名称**(Name)**一栏输入 **Air**，点击 **OK** 按钮。

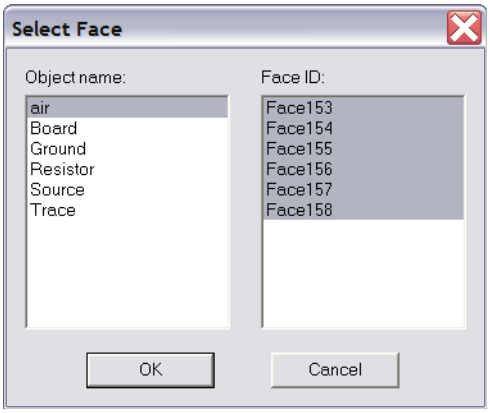
4)选择 **View > Fit All > Active View** 来调整对象大小。



F.8.2.15

二十) **指定完全匹配条件(PML)**

1) 选择空气。选择菜单项 **Edit > Select > Faces**，再选择 **Edit > Select by name**，目标名称：**Air**，面编号**(FaceID)**全部选中，点击 **OK** 按钮。



F.8.2.16

2) 选择菜单项 **HFSS > Boundaries > PML Setup Wizard**，输入设置如下：

PML 创建向导： **Cover Objects**

选择 **Create PML Cover Objects on Selected Faces**

平均层厚度 **rm Layer Thickness: 1cm**

Create joining corner and edge objects: 选中

点击下一步(Next)按钮

3) PML Setup Wizard: Material Parameters

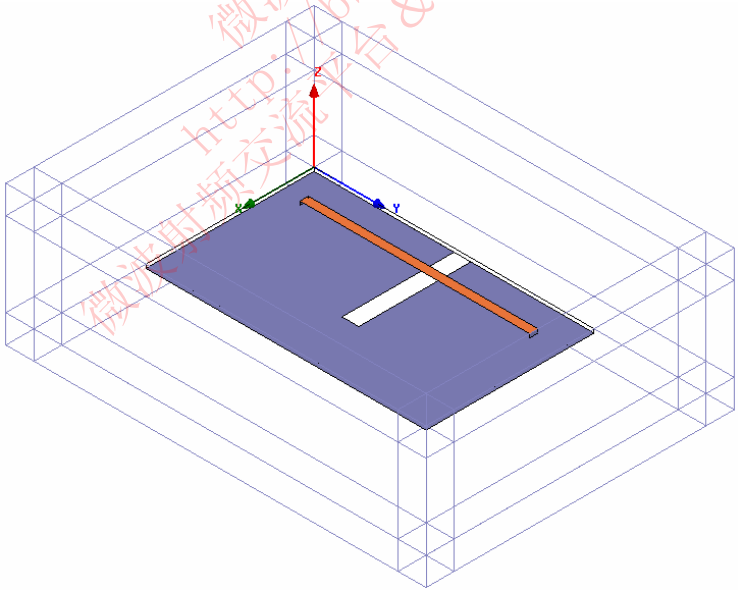
选择: **PML Objects accept Free Radiation**

最小频率：Min Frequency: **0.01** GHz

点击下一步(**Next**)按钮

4) Review settings on the PML Setup Wizard: **Summary page**

点击结束(**Finish**)按钮



F.8.2.17

二十一) 创建面列表

由于这里用的是 PML 边界条件，需要创建一个面列表用于辐射计算。

选择菜单项**Edit > Select > Faces**

选择菜单项 **Edit > Select > By Name**，

在目标对话框中选择目标名称：**Air**

面编号FaceID: **<Select All>**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

点击OK按钮

选择菜单项： **3D Modeler > List > Create > Face List**

二十二) **创建辐射型边界**

定义辐射：

1)选择菜单项 **HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere**

2)在创建远场辐射球面的对话框中，选中无限球(Infinite Sphere)的标签输入如下信息：

名称： Radiation

Phi: (始点(Start): **0**， 终点(Stop): **90**，步长(Step Size): **90**)

Theta: (始点(Start): **-180**， 终点(Stop): **180**， 步长(Step Size): **2**)

3)点击 **OK** 按钮。

二十三) **边界显示**

为了检验边界设置，执行以下步骤：

选择菜单项：**HFSS > Boundary Display (Solver View)**

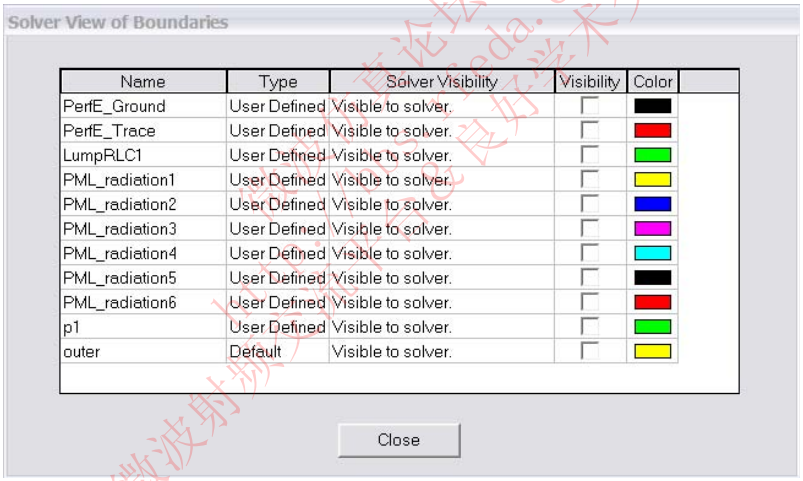
从边界的解算器视图中，选中你想要观察的边界对应的复选框。

注意：底板(完纯导体)是作为外部(Outer)边界来显示的

注意：完纯导体作为 Smetal 来显示的

注意：在菜单项中选择，**View > Visibility**，隐藏所有的几何结构，从而使得边界更容易观察。

以上设置结束之后，点击 **Close** 按钮。



Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
PerfE_Ground	User Defined	Visible to solver.		
PerfE_Trace	User Defined	Visible to solver.		
LumpRLC1	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation1	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation2	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation3	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation4	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation5	User Defined	Visible to solver.		
PML_radiation6	User Defined	Visible to solver.		
p1	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Visible to solver.		

F.8.2.18

五、分析设置

一) **创建分析设置**

选择菜单项 **HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup**，在弹出的设置窗口中作如下设置：

点击 **General** 标签：

求解频率(Solution Frequency): **2.5GHz**

最大步数：**20**

最大△S **:0.03**

点击 **Options** 标签：

Do Lambda Refinement：选中此复选框

目标：**0.01**

User Low-Order Solution Basis：选中此复选框

点击 **OK** 按钮。

二) **增加频率扫描**

1) 选中菜单项：***HFSS > Analysis Setup > Add Sweep***，选择求解设置：**Setup1**，点击 **OK** 按钮。

2) 编辑扫描窗口：

a. 扫描类型：**Interpolating**

b. 点击**Setup Interpolation Basis**按钮，填入如下信息

最大解(Max Solutions)：**20**

误差容限(Error Tolerance:)：**0.5%**

点击 **OK** 按钮。

c. **Extrapolate to DC:**选中此复选框

最小求解频率(Minimum Solve Frequency)：**0.01GHz**

d. Snap Magnitude to 0 or 1 at DC：不选此复选框

e. 频率设置类型：**Linear Step**

初始值：**2.5GHz**

步长：**0.01GHz**

点击 **OK** 按钮。

六、保存文件

在 Ansoft Hfss 窗口，选择菜单项 ***File > Save As***，在弹出的 Save As 窗口中，输入文件名：**hfss_seg_gplane**，点击 **Save** 按钮。

七、分析

一) **模型确认**

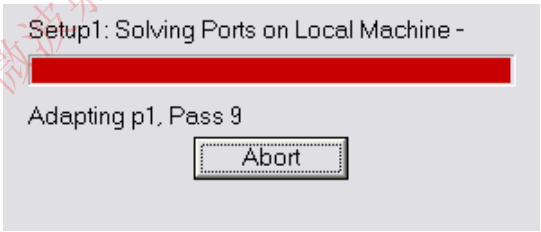
为了确认所建立模型的有效性，执行以下的步骤：

选择菜单项：**HFSS > Validation Check**

点击 **Close** 按钮

注意：若要查看错误或警告信息，用信息管理器(**Message Manager**)察看。

二) **选择菜单项 HFSS>Analyze，开始求解过程。**



F.8.2.19

三) **观察解得的数据**

选择菜单项：**HFSS > Results > Solution Data**：

1)要观看模型轮廓，点击 **Profile** 标签。

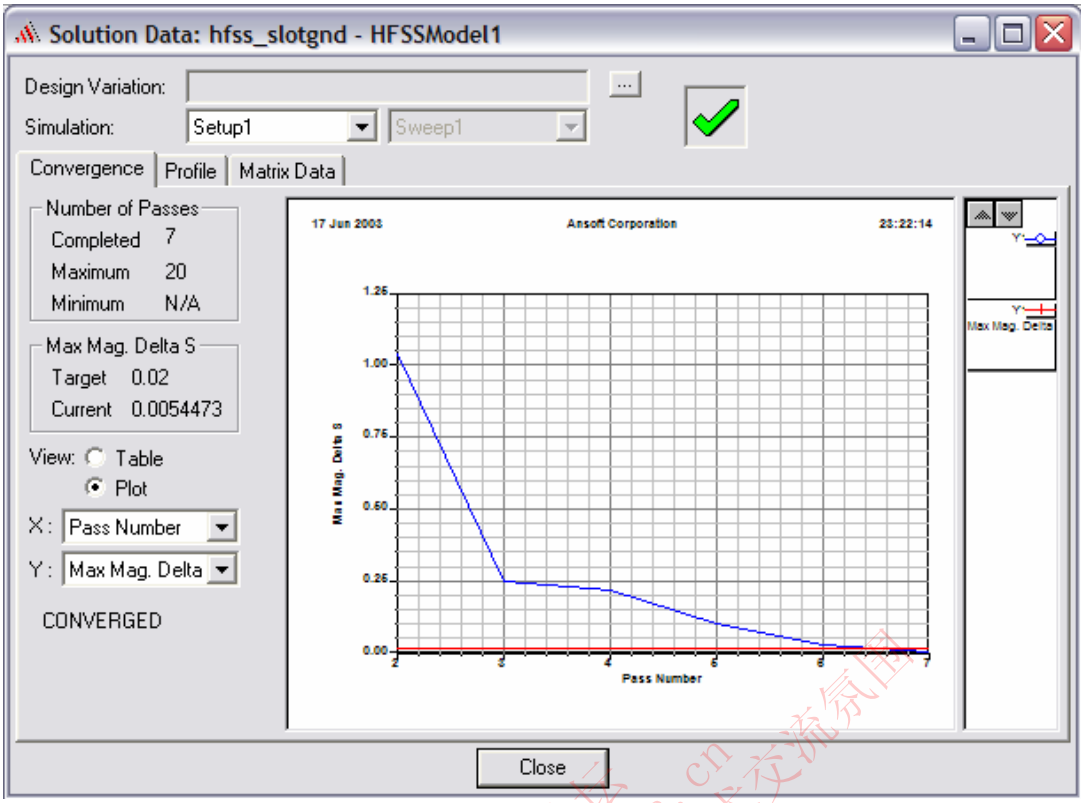
2)要查看收敛性，点击 **Convergence** 标签。

注意：默认的收敛性观察界面为表格(Table)，选择 Plot 单选按钮来观察收敛性的图形界面。

3)要查看矩阵数据，点击 Matrix Data 标签。

注意：为了观察矩阵数据的实时更新，设置模拟为 Setup1， Last Adaptive。

点击 Close 按钮关闭。



F.8.2.20

四) 创建报告

1)创建终端 S-参数图 VS adaptive passes

注意：如果报告在求解过程之前或中间创建，可以观察到实时的输出结果。

a. 选择菜单项**HFSS > Results > Create Report**，在创建报告窗口中输入以下信息：

报告类型(Report Type)：**Terminal S Parameters**

显示类型(Display Type)：**Rectangular**

点击**OK**按钮。

b. 在弹出的Trace窗口中，输入以下信息：

解决方案(Solution)： **Setup1: Adaptive1**

点击 **Y** 标签

种类(Category): **Terminal S Parameter**

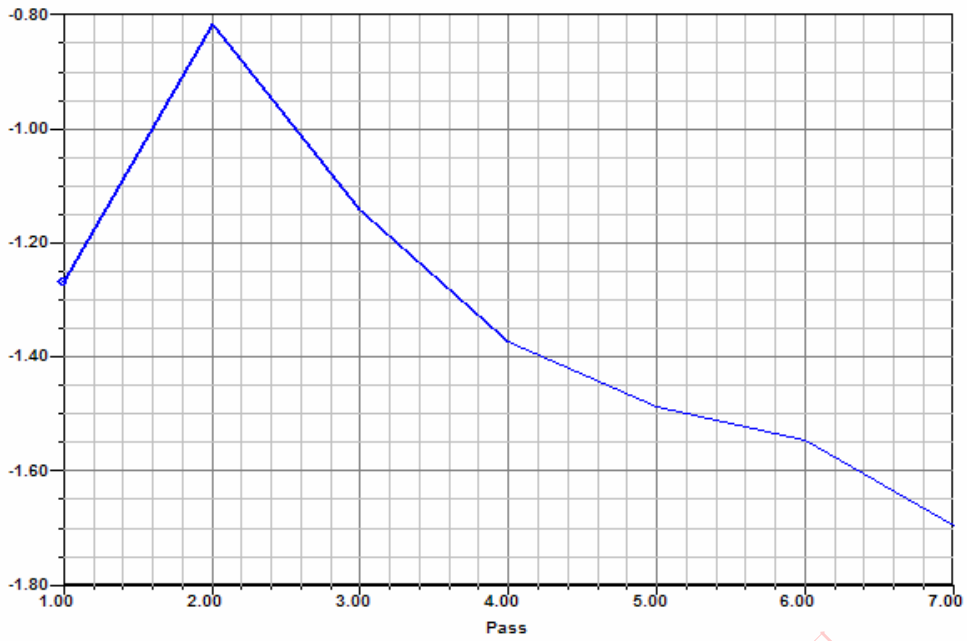
数量(Quantity): **St(p1，p1)**

函数(Function): **dB**

点击 **Add Trace** 按钮添加迹线

点击**Done**按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流信息 良好学术交流氛围



F.8.2.21

2)创建终端 Z-参数图——实部/虚部

a. 选择菜单项**HFSS > Results > Create Report**，在创建报告窗口中输入以下信息：

报告类型(Report Type)：**Terminal S Parameters**

显示类型(Display Type)：**Rectangular**

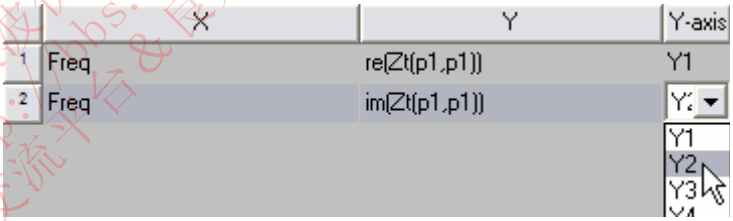
点击**OK**按钮。

b. 在弹出的**Trace**窗口中，输入以下信息：

解决方案(**Solution**)：**Setup1: Sweep1**

区域(Domain)：**Sweep**

点击 **Y** 标签



F.8.2.22

种类(Category): **Terminal Z Parameter**

数量(Quantity): **Zt(p1，p1)**

函数(Function): **Re**

点击 **Add Trace** 按钮添加迹线

种类(Category): **Terminal Z Parameter**

数量(Quantity): **Zt(p1，p1)**

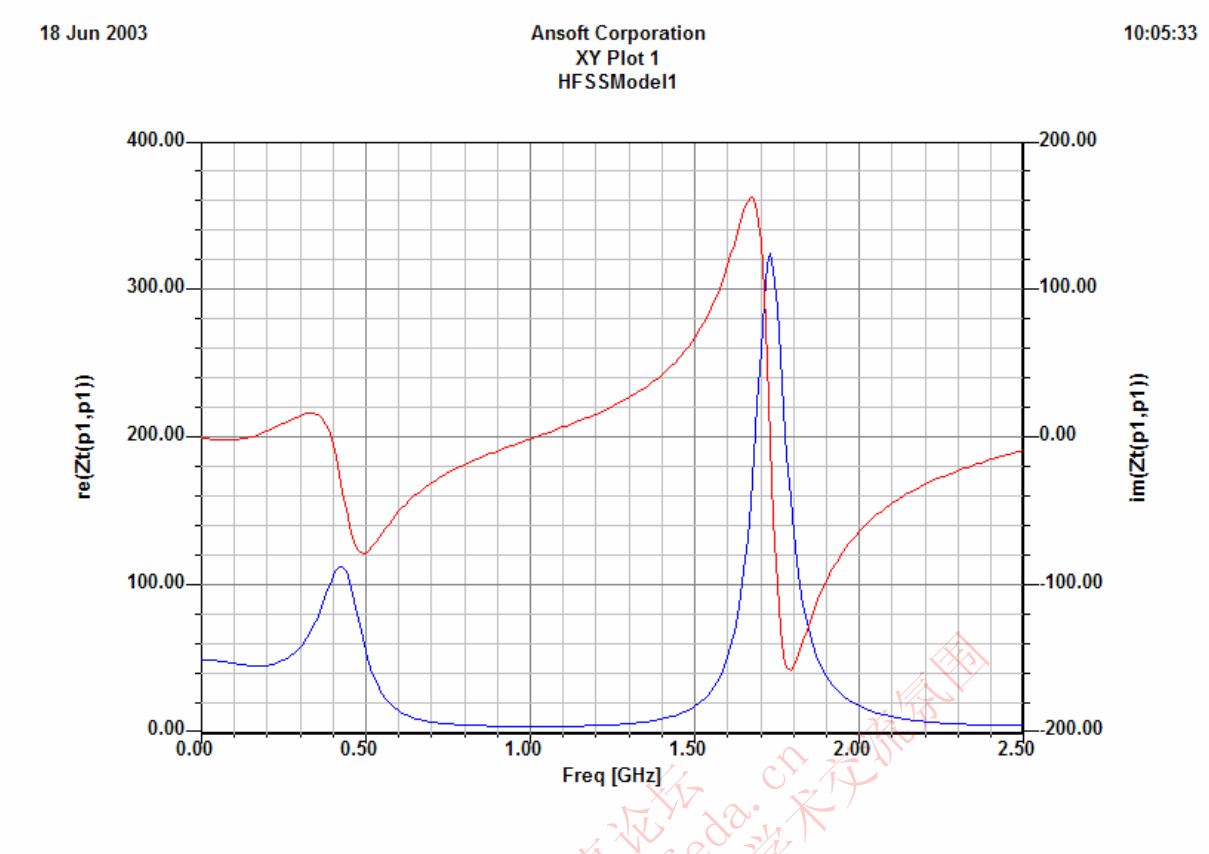
函数(Function): **Im**

点击 **Add Trace** 按钮添加迹线

为im(Zt(p1，p1)增加一个Y轴坐标显示：在Y轴这一列的第二行选择Y1，将之与Y2联系起来(toggle it to Y2)。

点击**Done**按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围



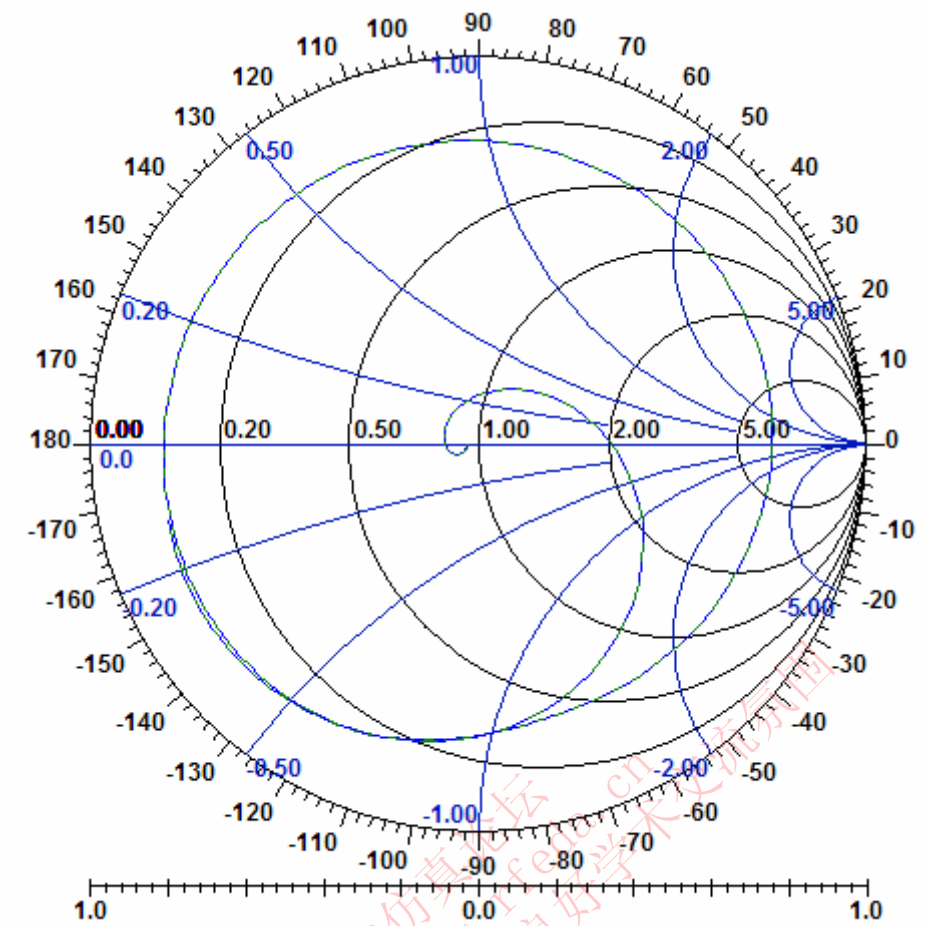
F.8.2.23

3)创建终端 S-参数图——Smith 圆图

a. 选择菜单项**HFSS > Results > Create Report**，在创建报告窗口中输入以下信息：
   报告类型(Report Type)：**Terminal S Parameters**
   显示类型(Display Type)：**Smith Chart**
   点击**OK**按钮。

b. 在弹出的Trace窗口中，输入以下信息：
   解决方案(Solution)： **Setup1: Sweep1**
   点击 **Polar** 标签
   种类(Category): **Terminal S Parameter**
   数量(Quantity): **St(p1，p1)**
   函数(Function): **<none>**
   点击 **Add Trace** 按钮添加迹线
   点击**Done**按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围



F.8.2.24

4)矩阵数据——将 S 参数输出到一个文件

为了创建三维远场图，选择菜单项：**HFSS > Results >Create Report**，在弹出的报告对话框中，输入一下信息：

点击 **Matrix Data** 标签

仿真(Simulation): **Setup1**， **Sweep1**

点击 **Export**按钮，输入如下信息：

文件名(Filename): **hfss_seg_gplane**

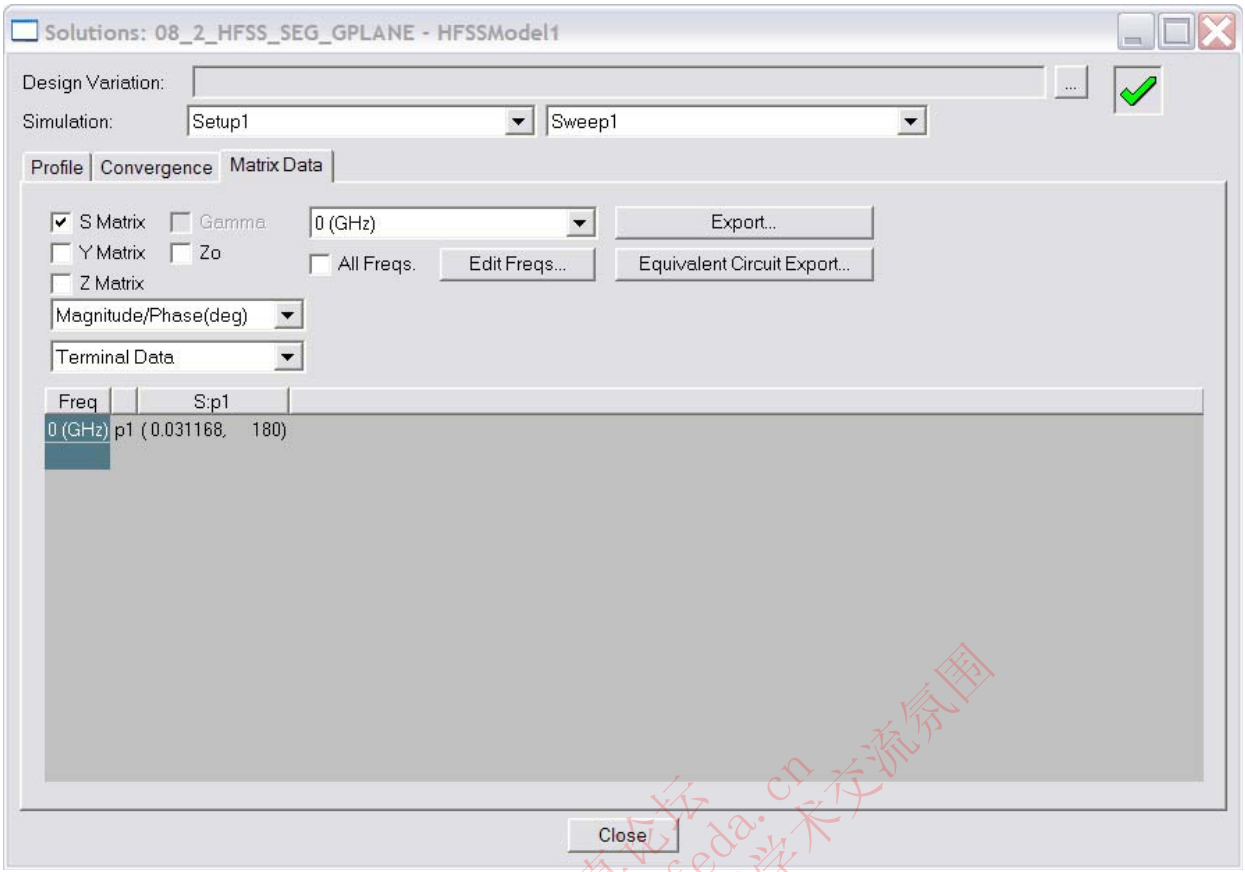
存储类型(Save as Type): **Touchstone**

点击**Save**按钮

点击**OK** 按钮，接受默认的50欧参考电阻

点击**Close**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.8.2.25

5)创建三维极坐标远场图

a. 选择菜单项**HFSS > Results > Create Report**，在创建报告窗口中输入以下信息：

报告类型(Report Type)：**Far Fields**

显示类型(Display Type)：**3D Polar Plot**

点击**OK**按钮。

b. 在弹出的**Trace**窗口中，输入以下信息：

解决方案(Solution)：**Setup1:LastAdaptive**

区域(Domain)：**Radiation**

点击Mag标签，输入如下信息：

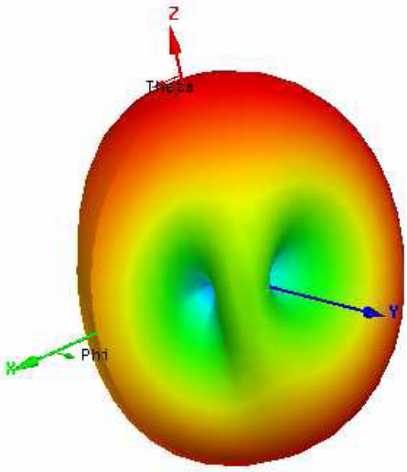
分类(Category)：**rE**

数量(Quantity)**:rETotal**

函数(Function)**:dB**

点击 **Add Trace** 按钮添加迹线

点击**Done**按钮。



F.8.2.26

6)创建场覆盖图

a. 为了创建场图，右击几何窗口，进入选中物体(**Object Select**)的模式，如果需要，也可以通过and selecting from context menu if necessary.

选择菜单项：**Edit > Select > By Name**，在弹出的目标对话框中，选中目标名称：Board，点击**OK**按钮。

选择菜单项，**HFSS > Fields > Plot Fields > Mag_E**，在弹出的创建场分布图窗口中输入：

解决方案(Solution): **Setup1 : LastAdaptive**

数量(Quantity): **Mag_E**

体积(In Volume)： **All**

点击**Done** 按钮

b. 修改场幅度图

选中菜单项**HFSS > Fields > Modify Plot Attributes**，在作图文件夹窗口，选择：E Field，点击**OK**按钮。在弹出的E场窗口中，输入以下信息：

点击**Scale**标签：选择**Use Limits**

最小(Min): **1**

最大(Max): **4500**

比例(Scale): **Log**

点击**Plots**标签

标量作图(Scalar Plot)：**IsoValSurface**

点击**Close**关闭。

7)创建场覆盖图之二

a. 选择菜单项**Edit > Select > By Name**，在弹出的目标对话框中，选择目标名称为：Ground，点击**OK**按钮。

b. 选择菜单项：**HFSS > Fields > Plot Fields > Vector_RealPoynting**，在弹出的场图窗口中，输入以下信息：

解决方案(Solution): **Setup1 : LastAdaptive**

数量(Quantity): **Vector_RealPoynting**

体积(In Volume): **All**

点击**Done**按钮

c.修改场图属性

选择菜单项：**HFSS > Fields > Modify Plot Attributes**，在选择的做图文件夹窗口中选中：**Poynting**，点击**OK**按钮。

点击**Scale** 标签：

选择 **Use Limits**

最小(Min): **0.01**

最大(Max): **2500**

比例(Scale): **Log**

点击**Marker/Arrow**标签：

类型(Type): **Cylinder**

Map Size:不选此复选框

. Arrow Tale: 不选此复选框

如果 real time mode 没有选中，点击 **Apply** 按钮。

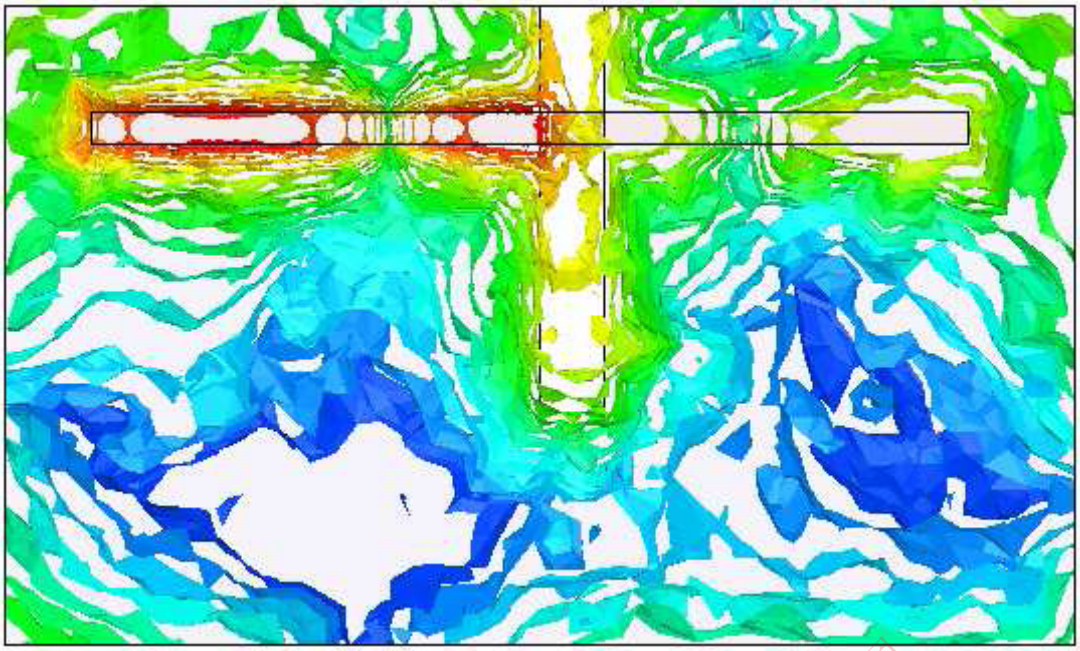
点击**Close**按钮。

八、退出 HFSS

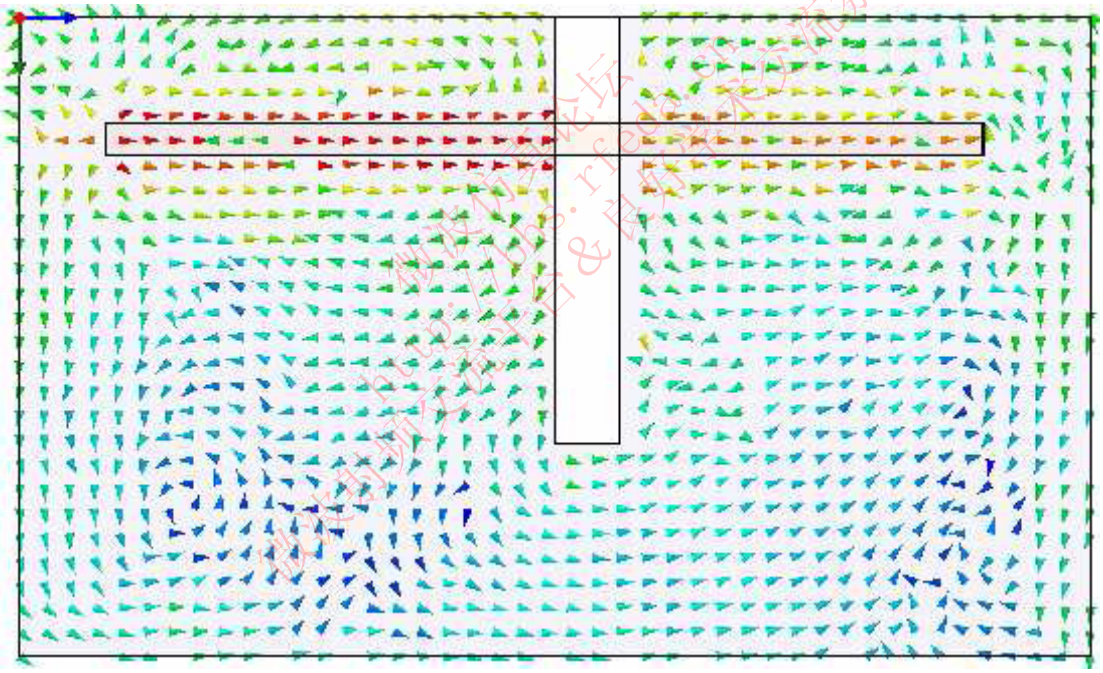
选中菜单项：**File > Exit**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&E好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



F.8.2.27



F.8.2.28

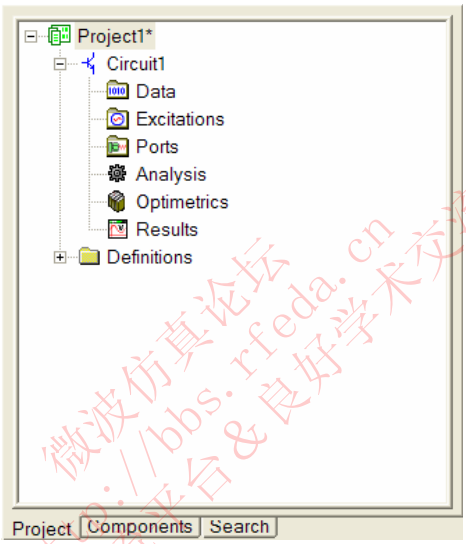
第二节 分段回路 b

一、Ansoft 设计器——瞬态模拟

一）启动 Ansoft 设计器

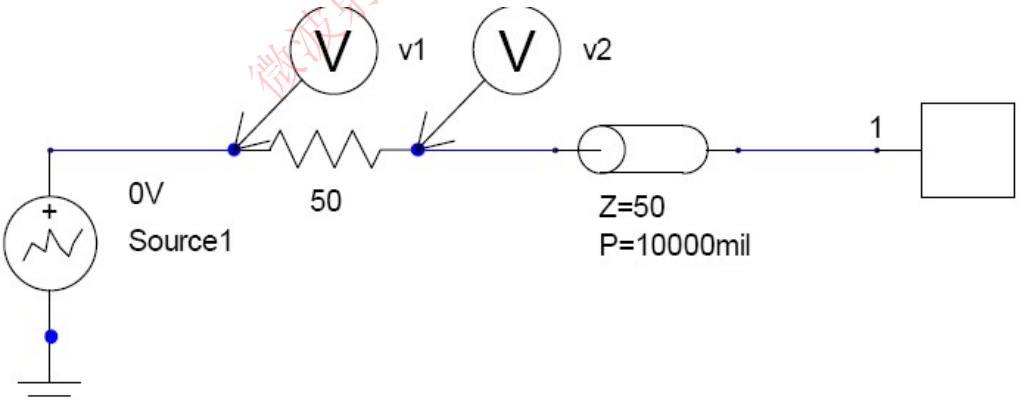
1. 在桌面上点击开始按钮，选择程序，选择Designer程序组，点击**Ansoft Designer**。
2. 在Ansoft设计器窗口，在标准工具栏中点击 或者选择菜单栏**File** > **New**.打开一个新的工程。
3. 在**Project**菜单，选择**Insert Circuit Design**。
4. 当提示Choose Layout Technology时，点击**None**按钮。

注意：在这个例子里，没有创建需要介质层或堆栈信息的传输线结构或者使用这种结构。如果需要，你可以自己从列表中选择堆栈或者自己创建一个。



F.8.2.29 工程管理器窗口

二、创建电路



F.8.2.30

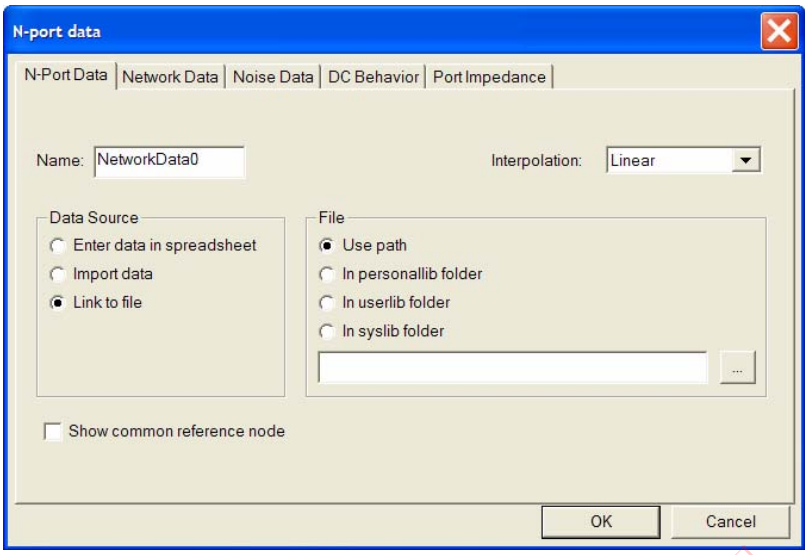
一) 组件布局——引入 S 参数

1)选择菜单项 **Draw > N-Port** 或在工具栏中点击 ，在弹出的 N-端口数据窗口，选择 **Link to file**。

2)点击浏览(Browse)按钮选择文件 **hfss_seg_gplane.s1p**。

3)点击 **Open** 按钮

4)点击 **OK** 按钮。



F.8.2.31

5)鼠标左键单击屏幕中心，可以置放一个新组件。

F.8.2.32

二) 组件布局——之电阻

放置电阻，电压源和电压探针

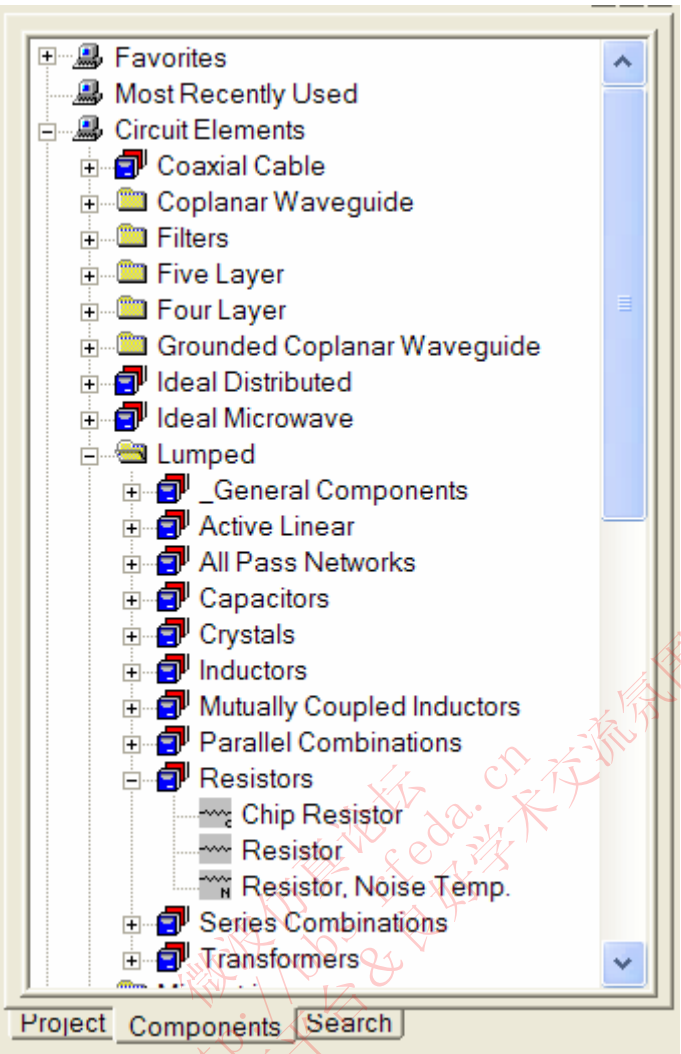
在Project Manager窗口点击Components标签，进行如下设置：

电阻：展开**Lumped -> Resistors**

电压源：展开**Sources -> Independent Sources**

电压探针：展开**Probes**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



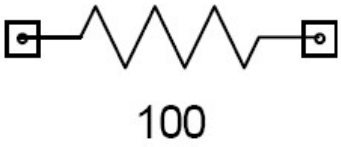
F.8.2.33

1)放置一个电阻示意图

a. 在**Components**标签的**Lumped -> Resistors**之下，双击 **Resistor**

b. 单击鼠标左键将一个电阻放在示意图中

c. 为结束置放，点击鼠标右键，选择**Finish**。(通过按空格键也可以结束置放)



F.8.2.34

2)改变阻值

a. 鼠标右击组件，在下来菜单中选择属性(**Properties**)

b. 将原来的100改成50，回车

注意：此外，也可以左键点击电阻，弹出下图所示的属性窗口，将其中的100改为50，然后回车。

Name	Value	Unit
R	100	
Status	Active	
Info	RES	

Param Values | General | Symbol

F.8.2.35

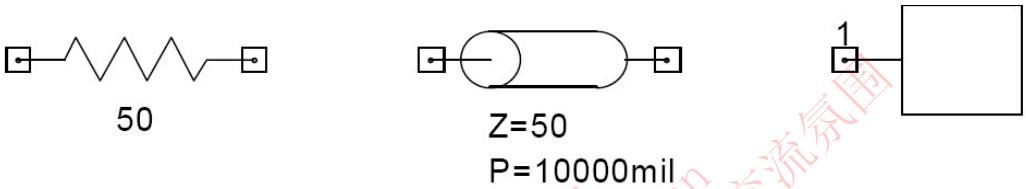
三) 组件布局——之同轴电缆

1)在示意图中放置一个同轴电缆

a.在**Components**标签中的**Coaxial Cable**之下，双击**Coaxial Cable**，**K**。

b.单击鼠标左键将一个同轴电缆放在示意图中。

c.按下空格键结束放置。



F.8.2.36

2)改变同轴电缆的物理长度

a.鼠标右键单击组件，并在下拉菜单中选择属性(Properties)。

b．改变P值为10000mil，回车。

Name	Value	Unit
Z	50	
P	10000	mil
K	1	
C1	0	
C2	0	
Status	Active	
Info	COAXK	

Param Values | General | Symbol

F.8.2.37

四) 组件布局——之分段线源

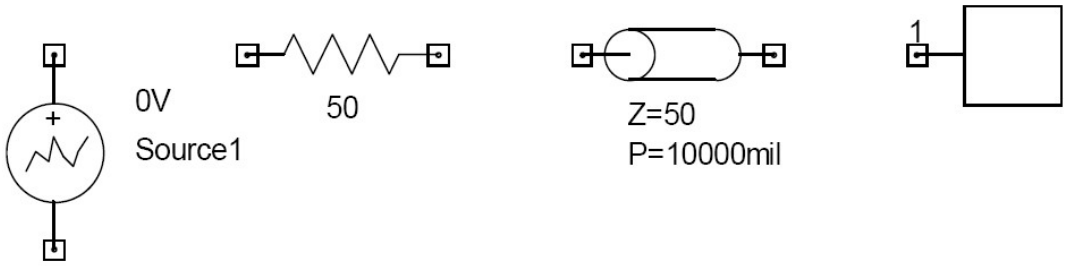
1)放置一个分段线源

a.在Components标签中，**Sources -> Independent Sources**下双击**Voltage Source**。

b.鼠标左键点击将一个源放在示意图上

c.按下空格键结束置放。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.8.2.38

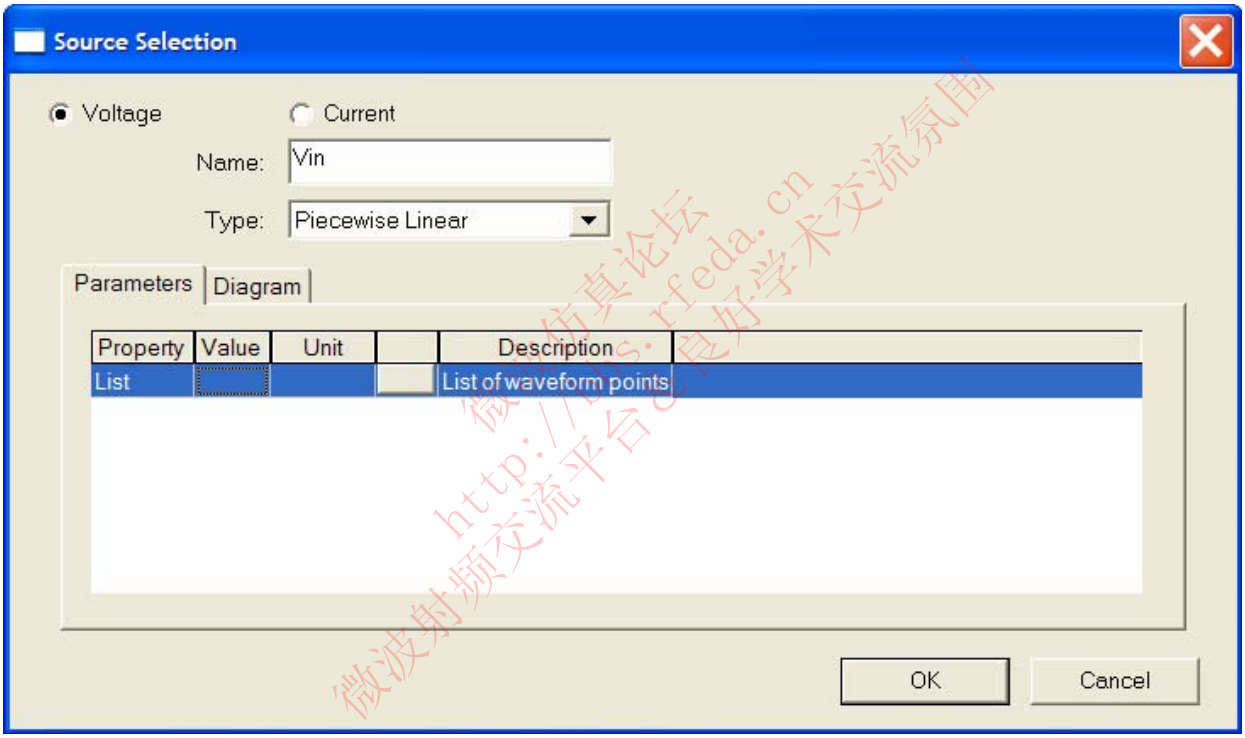
2)在源选择窗口中：

a. 在属性(**Properties**)窗口中，点击**Edit**

b. 名称(Name)：**Vin**

c. 类型(Type)：**Piecewise Linear**

d. 点击激活**Waveform List Box**，(就是在下图单元(Unit)和描述(Description)中间的空白区域)



F.8.2.39

3)在波形列表对话框中：

a.点击**Enter time/value points**旁边的单选按钮；

b.输入以下两点：

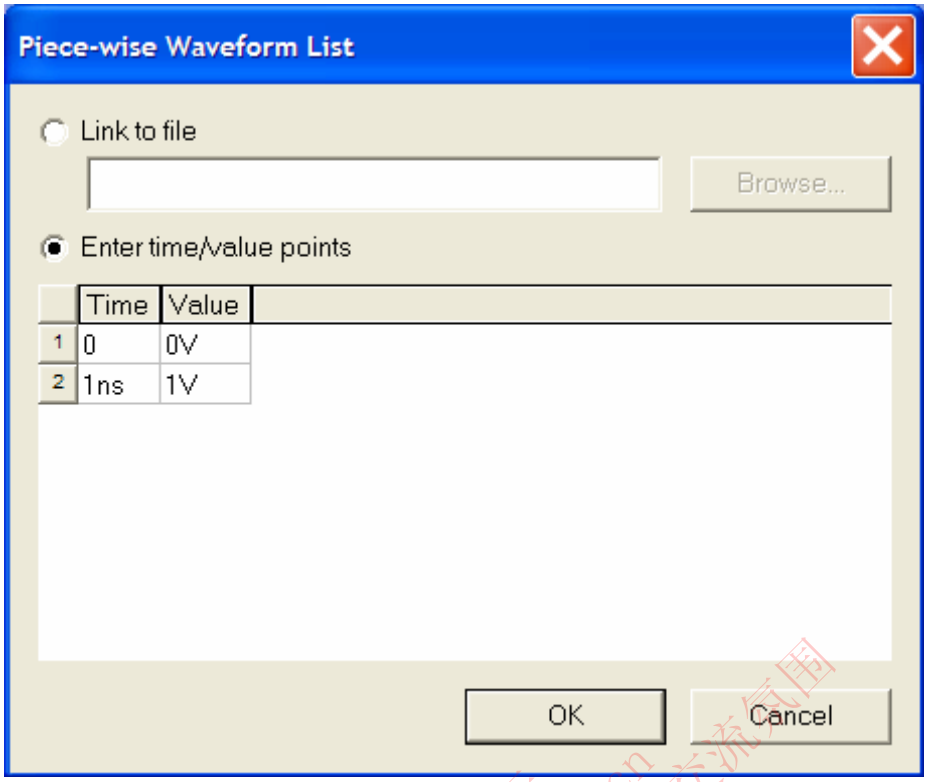
Time Value

0 0

1ns 1V

注意：确保在键入之后回车。

c. 点击**OK**按钮。



F.8.2.40

五) 组件布局——之电线

增加连接各个组件的电线，步骤如下：

a. 选择菜单项：**Draw -> Wire**；

b.将此时变为X型的指针放在一个节点处，鼠标左键单击一次；

c. 拖动鼠标到连接节点，再单击；

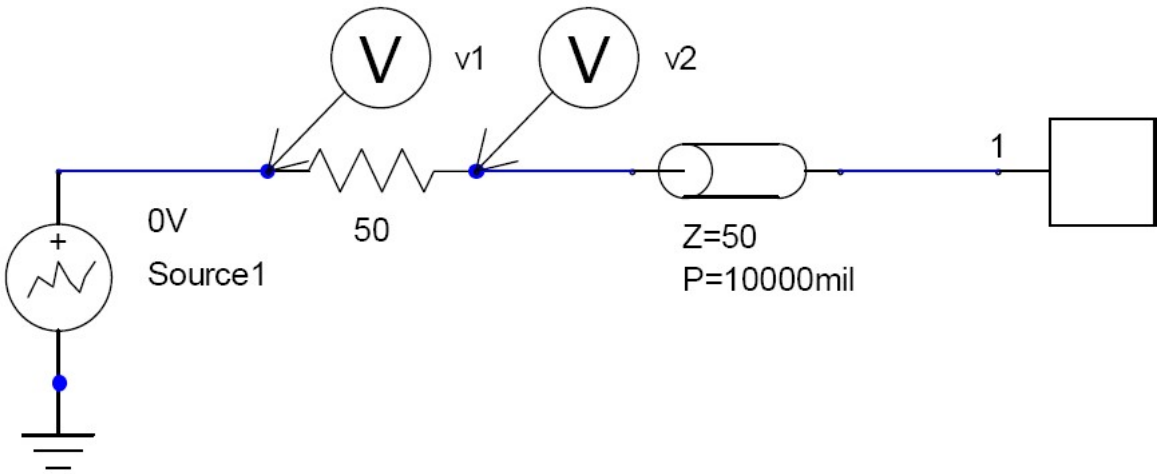
d. 重复这个过程直到完成下面的连接。

六) 增加地面连接

选择菜单项**Draw > Ground**(这一步骤在工具栏也有按钮可以选择)，在电压源的终端放置一个地面连接。

七) 添加电压探针

在**Components**标签，展开**Probes**，放置两个电压探针，取名为**v1**，**v2**。



F.8.2.41

八) 创建电路

保存文件：

在Ansoft HFSS设计器窗口中，选择菜单项**File > Save As**，在Save as窗口中，输入文件名：**hfss_seg_gplane_tdr**，单击保存。

三、设置分析

一) 创建分析设置

为了创建分析设置，执行如下操作：

1)在 Project Manager 窗口，点击 **Project** 标签；

2)选择菜单项 **Circuit -> Add Solution Setup**；

3)在弹出的分析设置窗口中：

Analysis Type：**Transient Analysis**

点击**Next**进入下一步

分析控制：分析长度(Length of Analysis)： **8ns**

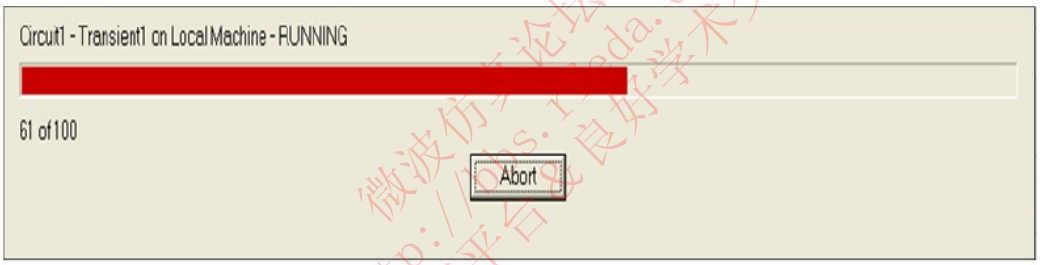
允许的最大时间步长(Maximum Time Step Allowed): **1ps**

回旋控制：最大样本频率(Maximum Sampling Frequency): **2.5GHz**

频率差(Delta Frequency): **0.01GHz**

点击**Finish**

4)选择菜单项：**Circuit -> Analyze**



F.8.2.42

四、创建报告

1)画输入输出波形

a.选择菜单项：**Circuit -> Create Report**

b.创建报告窗口：

报告类型：**Standard**

显示类型：**Rectangular Plot**

点击**OK**按钮

c.迹线窗口：

种类(Category): **Voltage**

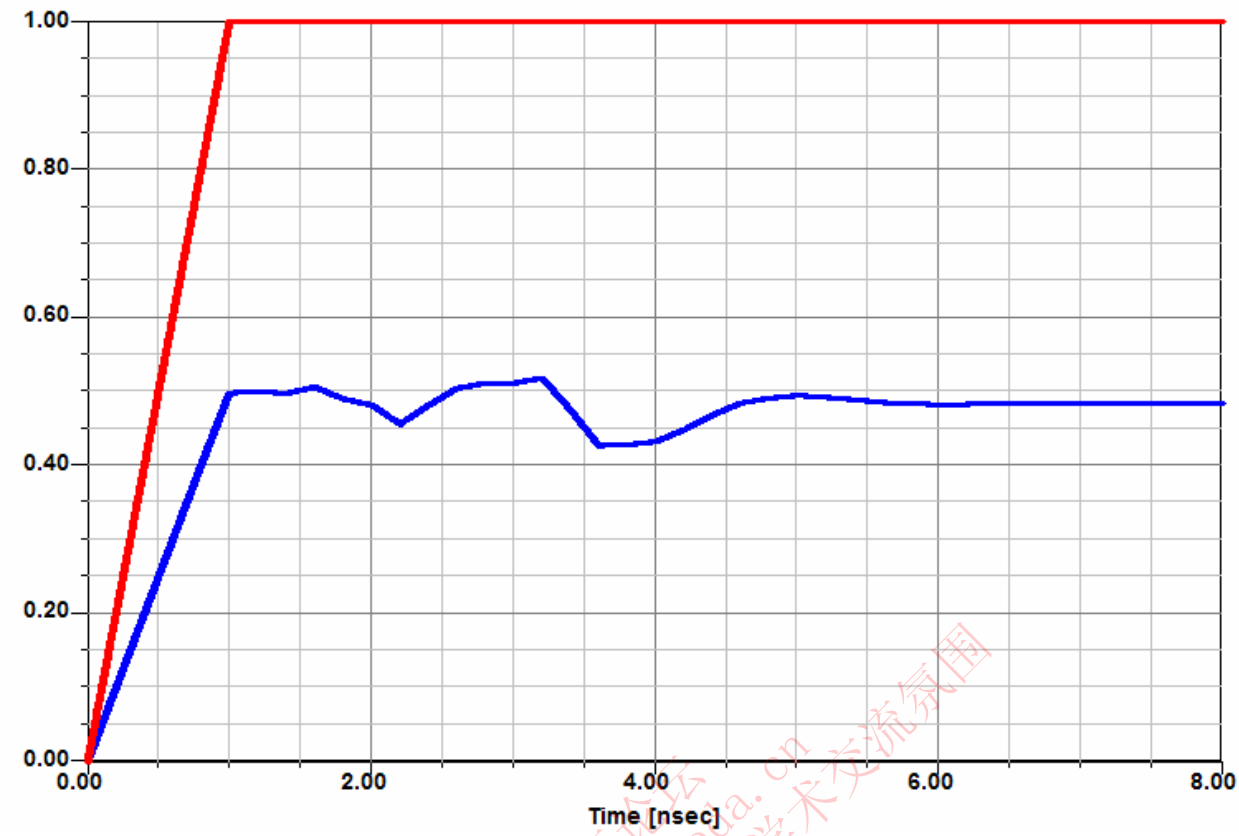
数量(Quantity): **V(VPRB:V1)**， **V(VPRB:V2)**

函数(Function): **<none>**

点击**Add Trace**按钮

点击 **Done** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.8.2.43

2)画 TDR

a.选择菜单项：**Circuit -> Create Report**

b.创建报告窗口：报告类型：**Standard**

显示类型：**Rectangular Plot**

点击**OK**按钮

c.点击**Output Variables**按钮来创建TDR方程

a)名称Name：输入**TDR**

b)表达式：**V(VPRB:v2)/(V(VPRB:v1)-V(VPRB:v2))*50**

注意：依照下面步骤创建上面方程：

种类(Category)**: Voltage**

数量(Quantity): **V(VPRB:v2)**

点击 **Insert Quantity into Expression** 按钮

输入 / 然后输入 (

数量: **V(VPRB:v1)**

点击 **Insert Quantity into Expression**按钮

输入 -

数量: **V(VPRB:v2)**

点击 **Insert Quantity into Expression**按钮

输入)

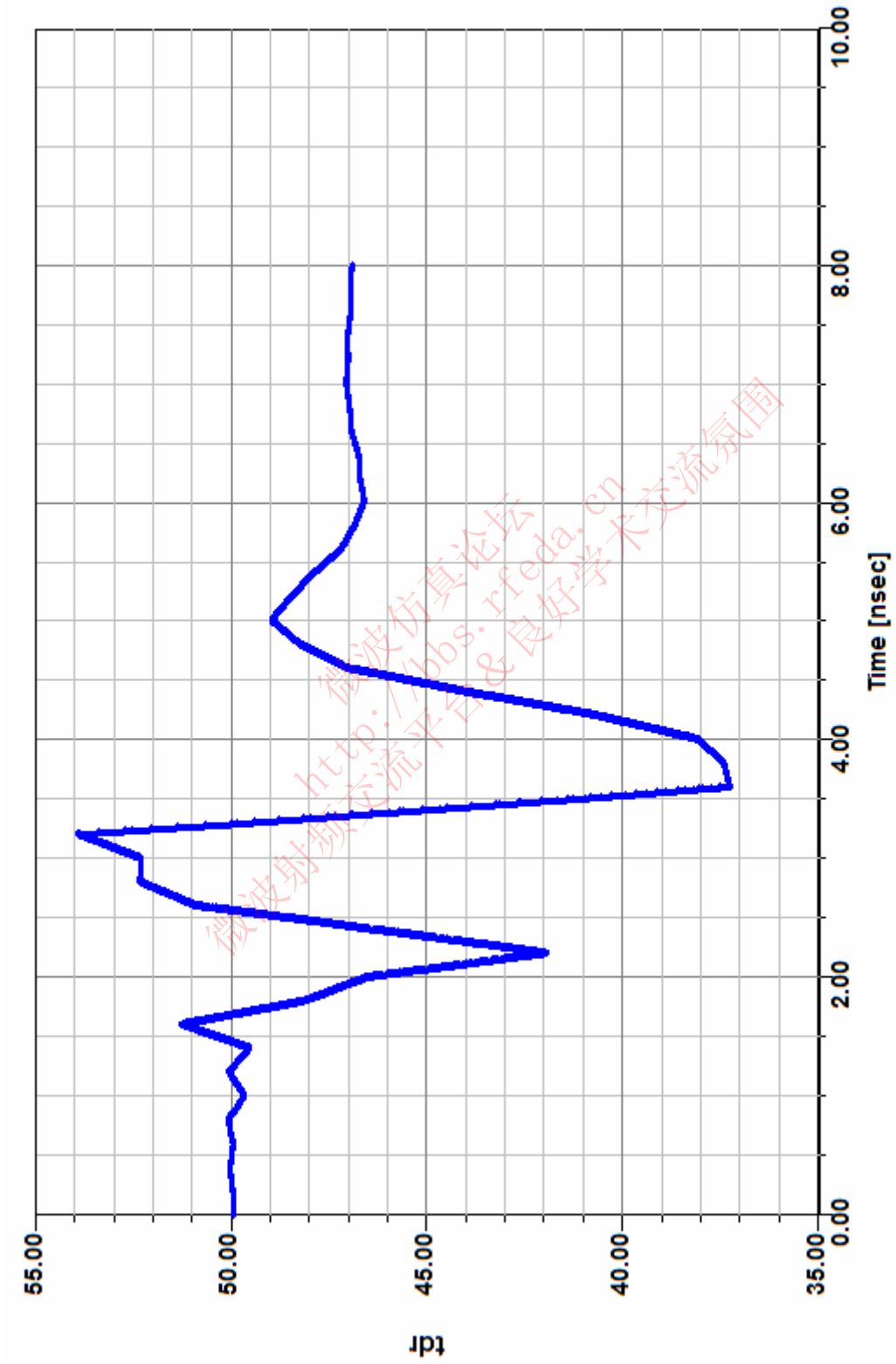
输入 *** 50**

点击**Add**按钮

点击**Done**按钮

d.迹线窗口：

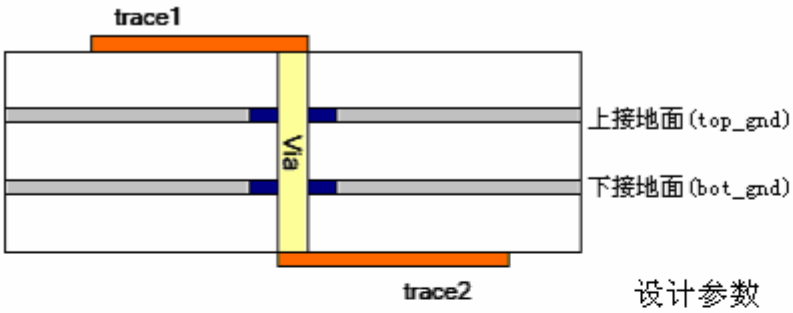
种类(Category): **Output Variables**
数量(Quantity)**:TDR**
函数(Function): **<none>**
点击**Add Trace**按钮
点击 **Done** 按钮



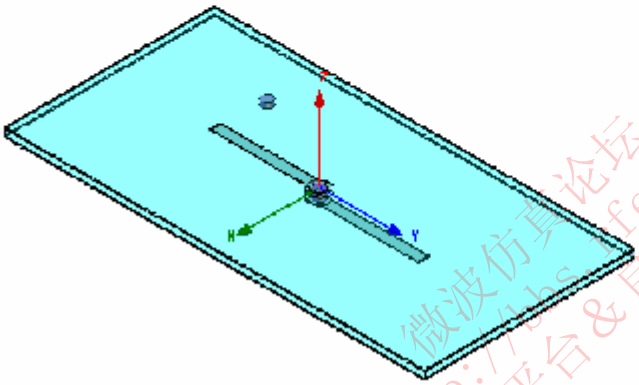
F.8.2.44

第三节 非理想接地面

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析非理想接地面。



设计参数



Ground:
厚度 = 0.1mm

Board :
厚度 = 0.9mm
相对介电常数 = 1

Trace :
长度 = 10mm
宽度 = 1mm
厚度 = 0.1mm

Via :
直径 = 1mm
高度 = 0.9mm

F.8.3.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一. Ansoft HFSS 设计环境

Ansoft HFSS 设计环境中的如下特征在创建无源器件模型时经常被使用。

一） **三维实体模型(3D Solid Modeling)**

- 基本单元：六面体(Box)，矩形(Rectangles)，圆柱体(Cylinders)
- 布尔操作：减(Subtract)，加(Unite)，复制(Duplicate)

二） **边界(Boundary)**

- 边界条件：理想磁壁/自然边界(Perfect H/Natural)

三） **激励(Excitations)**

- 端口：集总端口(Lumped Gap Source Port)，积分线(Terminal Lines)

四） **求解(Analysis)**

- 扫频：快速扫频(Fast Frequency)

五） **结果(Results)**

- 直角坐标图

六） **场(Fields)**

- 快速扫频/绘制场

二. 设计回顾

一） **在进入这个器件设计之前，让我们先回顾一下整个设计。**

1. 端口尺寸/类型 ＝ ？？？
2. 自由空间 ＝ ？？？

二） **端口尺寸/类型**

由于带线位于模型内部，所以我们选用集总端口类型。

三） **带线厚度/材料特性**

工程上可以假设带线的传导率不影响整个器件的性能，因此可以把带线的材料设置为良导体，这样可以加快仿真的速度。

四） **自由空间**

由于我们仅仅关心接地面之间的产生模式，我们可以使用理想磁壁或者开放边界条件。我们认为开放(理想磁壁)和匹配(辐射)边界条件能获得同样的计算结果。辐射边界条件由于需要更为复杂的计算，所以花费的计算时间相对较长。

在使用理想磁壁代替辐射边界条件的时候，我们应该注意理想磁壁和对称理想磁壁在数学上是等效的，因此如果你正在仿真一个较大模型的一个子部分的话，你有可能已经建立了一种由边界条件或者说是非物理模型产生的模式。在我们的例子里，理想磁壁被应用于模型的外部，并且没有沿着任何的对称平面。

另外，理想磁壁边界条件可以适用于驱动模式(Driven)和本征模式(Eigenmode)两种求解方式，而辐射边界条件仅适用于驱动模式求解。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三. 开始

一） 打开 Ansoft HFSS 软件

点击 *开始* 菜单，选择 *程序* > ***Ansoft HFSS 10*** > ***HFSS 10*** ，打开 Ansoft HFSS 软件。

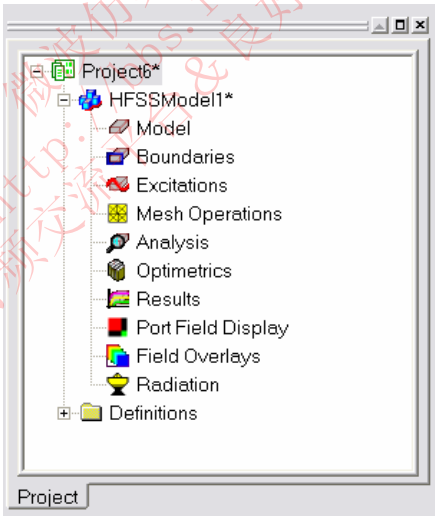
二） 设置工具选项(Tool Options)

注释：为了确保例子程序每一步的正确性，应先检查工具选项中的如下设置。

1. 选择菜单项：***Tools > Options > HFSS Options***
2. HFSS Options 窗口设置如下：
   1）点击 **General** 标签
      a. Use Wizards for data entry when creating new boundaries：☑**Checked**
      b. Duplicate boundaries with geometry：☑**Checked**
   2）点击 **OK** 按钮
3. 选择菜单项：***Tools > Options >3D Modeler Options***
4. 3D Modeler Options 窗口设置如下：
   1）点击 **Operation** 标签
      Automatically cover closed polylines：☑**Checked**
   2）点击 **Operation** 标签
      Edit property of new primitives：☑**Checked**
   3）点击 **OK** 按钮

三） 打开一个新的工程

1. 选择菜单项：***File > New***
2. 选择菜单项：***Project > Insert HFSS Design***

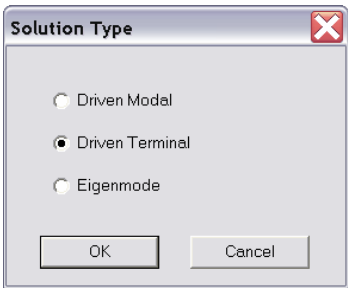


F.8.3.2

四） 设置求解类型

1. 选择菜单项：***HFSS > Solution Type***
2. Solution Type 窗口设置如下：
   a. 选择 Driven Terminal
   b. 点击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流 & 良好学术交流氛围



F.8.3.3

四. 创建三维模型

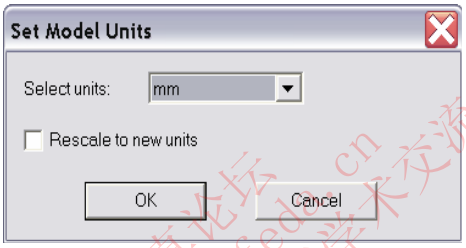
一） 设置模型单位

1．选择菜单项：***3D Modeler > Units***

2．Set Model Units 窗口设置如下：

a．Select Units：**mm**

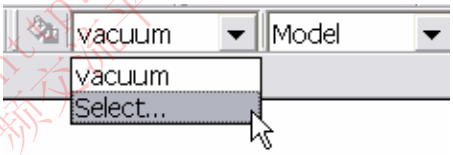
b．点击 **OK** 按钮



F.8.3.4

二） 设置缺省材料

1．使用三维模型材料工具条，选择 **Select** 打开材料定义窗口。



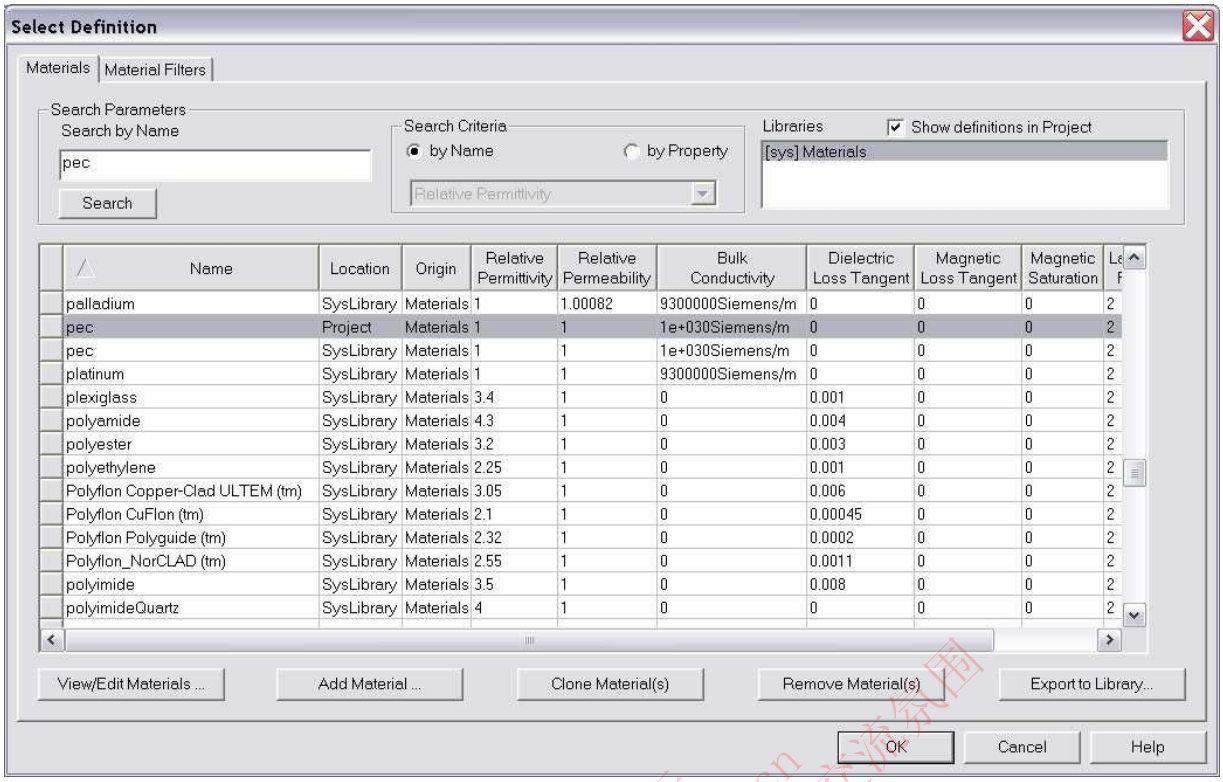
F.8.3.5

2．Select Definition 窗口设置如下：

1）在 **Search by Name** 域中键入 **pec**

2）点击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F.8.3.6

三） **创建 Trace**

1. 创建 Trace

1）选择菜单项 ***Draw > Box***

2）使用坐标输入域输入六面体的位置坐标

输入 X：**-0.5**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入六面体的尺寸大小

输入 dX：**1.0**，dY：**-10.0**，dZ：**0.1** 后按回车键

2. 设置名称

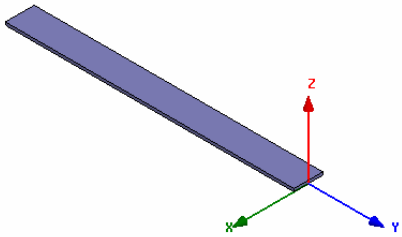
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Trace**

3) 点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View*** 或按 **CTRL+D** 键。



F.8.3.7

四） **创建 Via Pad**

1. 创建 Via Pad

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

1）选择菜单项 ***Draw > Cylinder***

2）使用坐标输入域输入圆柱体的位置坐标

输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3） 使用坐标输入域输入圆柱体的半径尺寸

输入 dX：**0.75**，dY：**0.0**，dZ：**0.0** 后按回车键

4）使用坐标输入域输入圆柱体的高度尺寸

输入 dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.1** 后按回车键

2. 设置名称

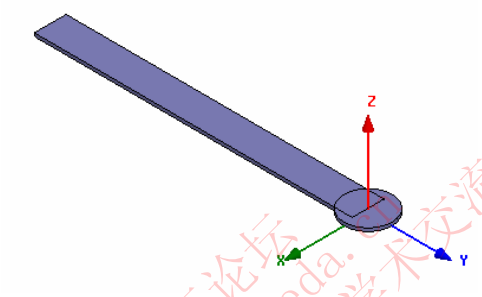
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

2）在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Via_pad**

3）点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***。



F.8.3.8

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

五） 组合 **Trace** 和 **Via Pad**

1．选择菜单项 ***Edit > Select All Visible*** 或按 **CTRL+A** 键

2．选择菜单项 ***3D Modeler > Boolean > Unite***。

六） 创建偏移相对坐标系

1．选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relatives CS > Offset***

2．使用坐标输入域输入坐标原点

输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**-0.2** 后按回车键。

七） 创建 **Ground 1**

1. 创建 Ground

1）选择菜单项 ***Draw > Box***

2）使用坐标输入域输入六面体的位置坐标

输入 X：**-10.0**，Y：**-20.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入六面体的尺寸大小

输入 dX：**20.0**，dY：**40.0**，dZ：**0.1** 后按回车键

2. 设置名称

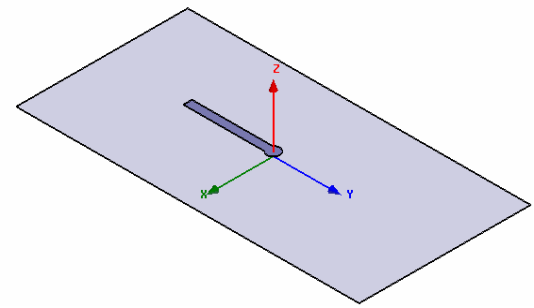
1）从 **Properties** 窗口中选择属性 **Attribute** 标签

2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Ground**

3) 点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***



F.8.3.9

八） **创建 Anti-Pad**

1. 创建 Anti-Pad

1）选择菜单项 ***Draw > Cylinder***

2）使用坐标输入域输入圆柱体的位置坐标

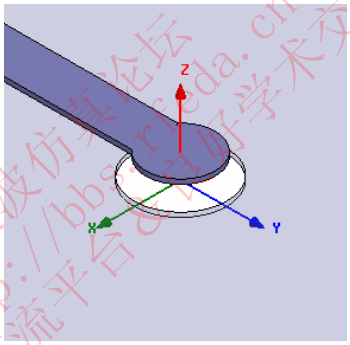
输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入圆柱体的半径尺寸

输入 dX：**1.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.0** 后按回车键

4）使用坐标输入域输入圆柱体的高度尺寸

输入 dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.1** 后按回车键



F.8.3.10

2. 设置名称

1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

2）在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Antipad**

3）点击 **OK** 按钮

3. 选择 Ground 和 Antipad

1）选择菜单项 ***Edit > Select > By Name***

2）Select Object 对话框设置如下

a. Select the objects named：**Antipad**，**Ground**

b. 点击 **OK** 按钮

4. 完成 Ground 的创建

1）选择菜单项 ***3D Modeler > Boolean > Subtract***

2）subtract 窗口设置如下

a. Blank Parts：**Ground**

b. Tool Parts：**Antipad**

c. Clone tool objects before subtract：☐**Unchecked**

d. 点击 **OK** 按钮。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 学术交流氛围

九） 设置工作坐标系

1．选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***

2．Select Coordinate System 窗口设置如下

a．从列表中选择坐标系：**Global**

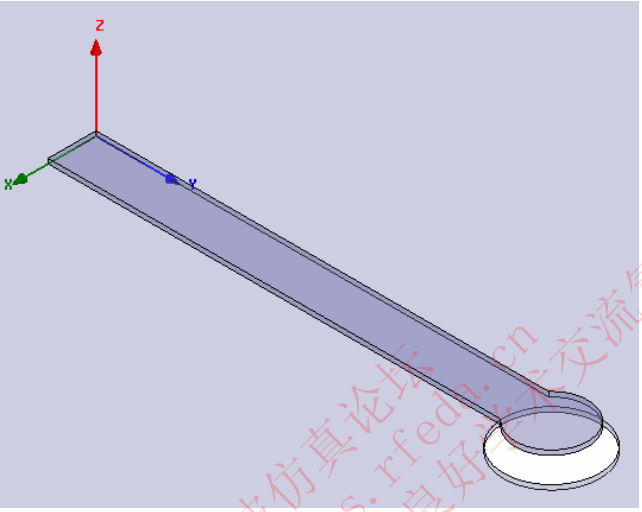
b．点击 **Select** 按钮

十） 创建偏移相对坐标系

1．选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relatives CS > Offset***

2．使用坐标输入域输入坐标原点

输入 X：**-0.5**，Y：**-10.0**，Z：**-0.0** 后按回车键



F.8.3.11

十一） 设置栅格面

选择菜单项 ***3D Modeler > Grid Plane > XZ***。

十二） 创建 **Source**

1. 创建 Source

1）选择菜单项 ***Draw > Rectangle***

2）使用坐标输入域输入矩形的位置坐标

输入 X：**-0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入矩形的尺寸大小

输入 dX：**1.0**，dY：**0.0**，dZ：**-0.1** 后按回车键

2. 设置名称

1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

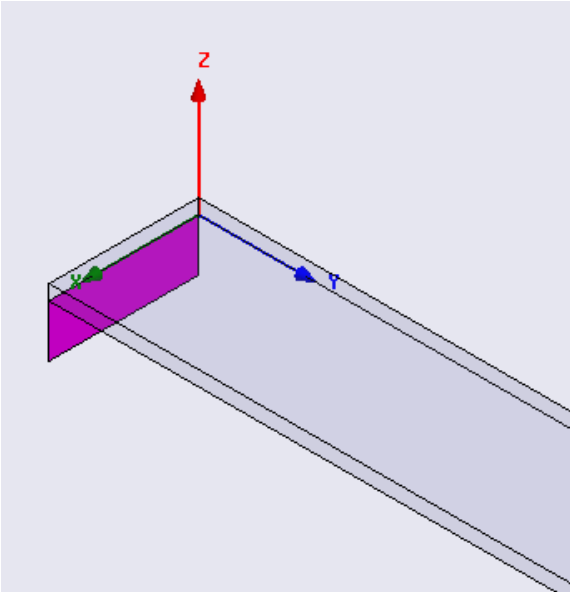
2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Source**

3) 点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.8.3.12

十三） 分配激励

1. 选择物体 Source

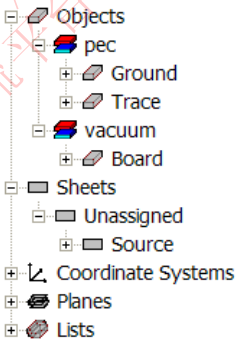
1）选择菜单项 ***Edit > Select > By Name***

2）Select Object 对话框设置如下

a. Select the objects named：**Source**

b. 点击 **OK** 按钮

注释：也可以通过模型树来选择物体



F.8.3.13

2. 分配集总端口激励

1）选择菜单项 ***HFSS > Excitations > Assign > Lumped Port***

2）Lumped Port：General 窗口设置如下

a. Name：**p1**

b. Resistance：**50**

c. Reactance：**0**

d. 点击 **Next** 按钮

3） Lumped Port：Terminals 窗口设置如下

a. Number of Terminals：**1**

b. 点击 **Undefined** 栏并选择 **New Line**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

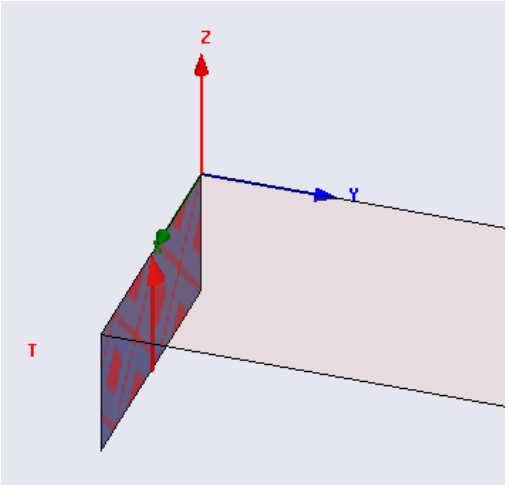
c. 使用坐标输入域输入矢量位置坐标

输入 X：**0.5**，Y：**0.0**，Z：**-0.1** 后按回车键

d. 使用坐标输入域输入矢量方向

输入 dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.1** 后按回车键

e. 点击 **Finish** 按钮



F.8.3.14

十四） 设置工作坐标系

1. 选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***
2. Select Coordinate System 窗口设置如下
   1）从列表中选择坐标系：**Global**
   2）点击 **Select** 按钮

十五） 创建偏移相对坐标系

1. 选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relatives CS > Offset***
2. 使用坐标输入域输入坐标原点

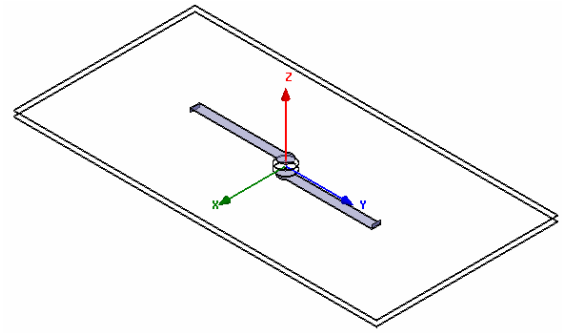
   输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**-0.45** 后按回车键

十六） 复制物体

1. 复制存在的物体
   1）选择菜单项 ***Edit > Select All Visible*** 或按 **CTRL+A** 键
   2）选择菜单项 ***Edit > Duplicate > Around Axis***，设置如下
      a. Axis：**X**
      b. Angle：**180**
      c. Total Number：**2**
      d. 点击 **OK** 按钮
2. 适合窗口

   选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.8.3.15

十七） 设置栅格面

选择菜单项 ***3D Modeler > Grid Plane > XY***

十八） 设置工作坐标系

1．选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***

2．Select Coordinate System 窗口设置如下

1）从列表中选择坐标系：**Global**

2）点击 **Select** 按钮

十九） 创建 **Via**

1. 创建 Via

1）选择菜单项 ***Draw > Cylinder***

2）使用坐标输入域输入圆柱体的位置坐标

输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入圆柱体的半径尺寸

输入 dX：**0.5**，dY：**0.0**，dZ：**0.0** 后按回车键

4）使用坐标输入域输入圆柱体的高度尺寸

输入 dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**-0.9** 后按回车键

2. 设置名称

1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

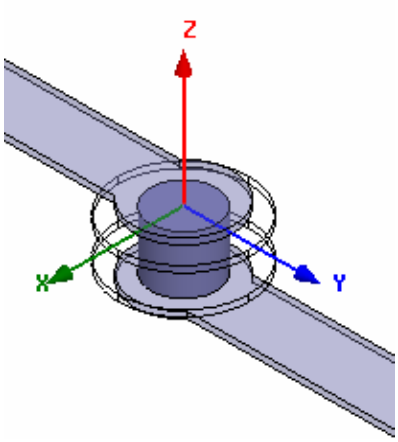
2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Via**

3）点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.8.3.16

二十） 创建偏移相对坐标系

1．选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relatives CS > Offset***

2．使用坐标输入域输入坐标原点

输入 X：**-5.0**，Y：**-10.0**，Z：**-0.2** 后按回车键

二十一） 创建 Ground Via

1. 创建 Ground Via

1）选择菜单项 ***Draw > Cylinder***

2）使用坐标输入域输入圆柱体的位置坐标

输入 X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0** 后按回车键

3）使用坐标输入域输入圆柱体的半径尺寸

输入 dX：**0.5**，dY：**0.0**，dZ：**0.0** 后按回车键

4）使用坐标输入域输入圆柱体的高度尺寸

输入 dX：**0.0**，dY：**0.0**，dZ：**-0.5** 后按回车键

2. 设置名称

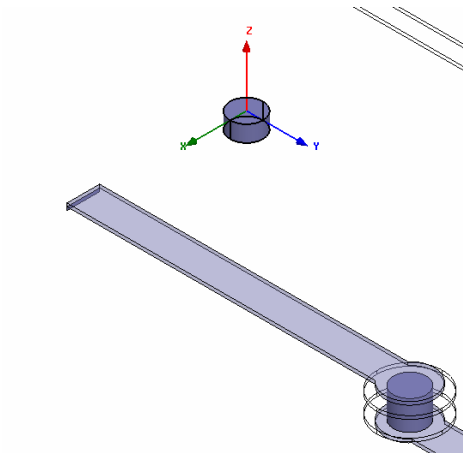
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Via_GND**

3) 点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***



F.8.3.17

二十二） 设置工作坐标系

1. 选择菜单项 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***
2. Select Coordinate System 窗口设置如下
   1）从列表中选择坐标系：**Global**
   2）点击 **Select** 按钮

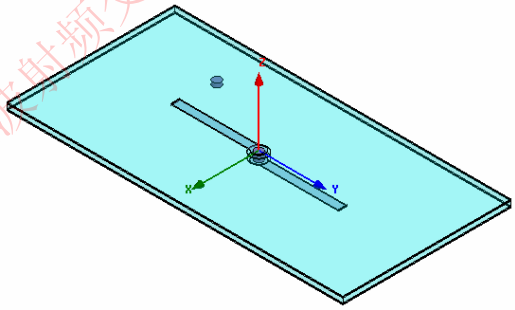
二十三） 设置缺省材料

使用三维模型材料工具条，选择 **vacuum** 。

F.8.3.18

二十四） 创建 Board

1. 创建 Board
   1） 选择菜单项 ***Draw > Box***
   2） 使用坐标输入域输入六面体的位置坐标
      输入 X：**-10.0**，Y：**-20.0**，Z：**0.0** 后按回车键
   3） 使用坐标输入域输入六面体的尺寸大小
      输入 dX：**20.0**，dY：**40.0**，dZ：**-0.9** 后按回车键
2. 设置名称
   1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签
   2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Board**
   3) 点击 **OK** 按钮
3. 适合窗口
   选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***



F.8.3.19

二十五） 创建 Air

1. 创建 Air
   1） 选择菜单项 ***Draw > Box***
   2） 使用坐标输入域输入六面体的位置坐标
      输入 X：**-15.0**，Y：**-25.0**，Z：**-5.0** 后按回车键
   3） 使用坐标输入域输入六面体的尺寸大小
      输入 dX：**30.0**，dY：**50.0**，dZ：**10.0** 后按回车键
2. 设置名称

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

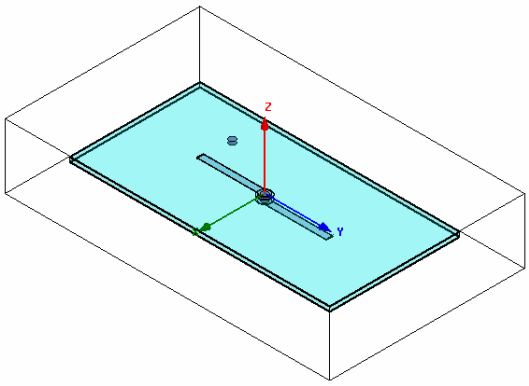
1）从 **Properties** 窗口中选择 **Attribute** 标签

2) 在 **Name** 属性的 **Value** 域中键入：**Air**

3) 点击 **OK** 按钮

3. 适合窗口

选择菜单项 ***View > Fit All > Active View***



F.8.3.20

二十六） 分配理想磁壁/自然边界

1. 选择物体 Air

1）选择菜单项 ***Edit > Select > By Name***

2）Select Object 对话框设置如下

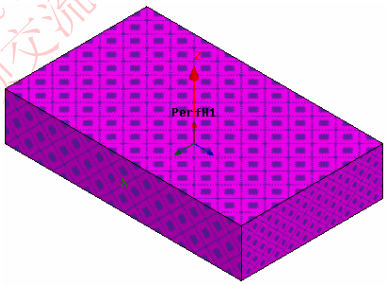
a．Select the objects named：**Air**

b．点击 **OK** 按钮

2. 分配理想磁壁边界条件(Perfect H Boundary)

1）选择菜单项 ***HFSS >Boundaries > Assign > Perfect H***

2）点击 **OK** 按钮



F.8.3.21

二十七） 边界显示

1. 检查边界设置

1）选择菜单项 ***HFSS > Boundary > Display (Solver View)***

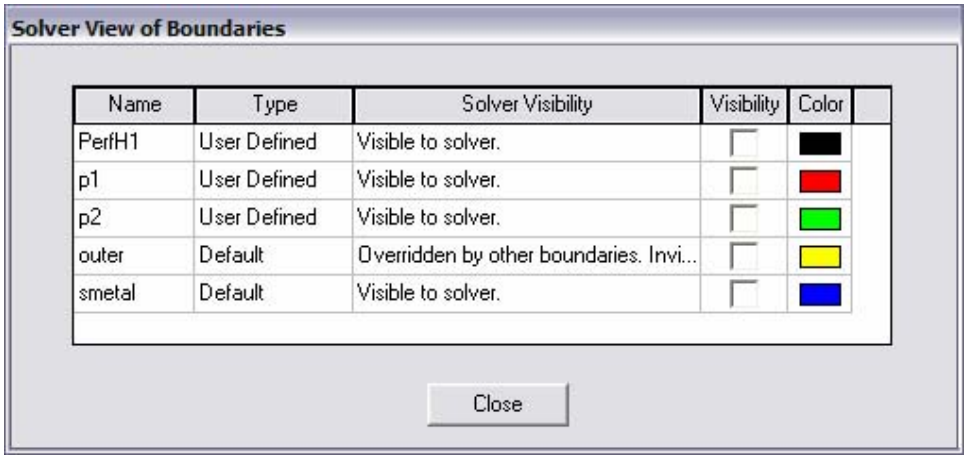
2）在边界显示设置的窗口中，***Visibility*** 检查框可以帮你选择打开所要查看的边界。

a．注释：良导体被显示为金属边界

b．注释：选择菜单项 ***View > Visibility*** 可以隐藏其他的几何物体，使边界查看更容易。

3）完成后点击 **Close** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
PerfH1	User Defined	Visible to solver.		
p1	User Defined	Visible to solver.		
p2	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Overridden by other boundaries. Invi...		
smetal	Default	Visible to solver.		

F.8.3.22

五. 分析设置

一） 创建一个分析设置

1. 创建一个分析设置

1） 选择菜单项 ***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***

2） Solution Setup 窗口设置如下

a. 点击 **General** 标签，设置如下

Solution Frequency：**10.0GHz**

Maximum Number of Passes：**20**

Maximum Delta S：**0.02**

b. 点击 **Options** 标签，设置如下

Do Lambda Refinement：☑**Checked**

Target：**0.05**

Use Low-Order Solution Basis：☑**Checked**

c. 点击 **OK** 按钮

二） 增加一个扫频设置

1. 增加一个扫频设置

1）选择菜单项 ***HFSS > Analysis Setup > Add Sweep***

a. 选择一个分析设置：**Setup1**

b. 点击 **OK** 按钮

2）Edit Sweep 窗口设置如下

a. Sweeip Type：Fast

b. Frequency Setup Type：**Linear Count**

Start：**0.1GHz**

Stop：**10.0GHz**

Count：**991**

Save Fields：☑**Checked**

c. 点击 **OK** 按钮

六. 保存工程文件

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

1．选择菜单项 ***File > Save As***
2．在另存为(Save As)窗口中键入文件名：**hfss_nonidealgnd**
3．点击 **Save** 按钮。

七. 分析

一） 模型检查

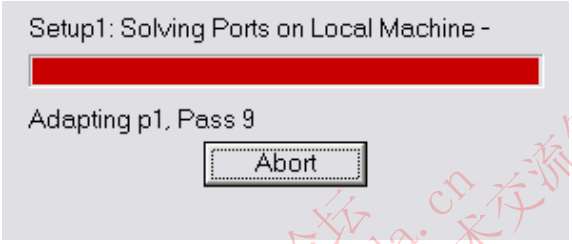
1．选择菜单项 ***HFSS > Validation Check***
2．点击 **Close** 按钮

注释：可使用信息管理窗口(Message Manager)显示所有的错误和警告信息

二） 分析

1. 开始求解过程

选择菜单项 ***HFSS > Analyze***



F.8.3.23

2．求解结果

1）显示求解结果

a．选择菜单项 ***HFSS > Results >Solution Data***

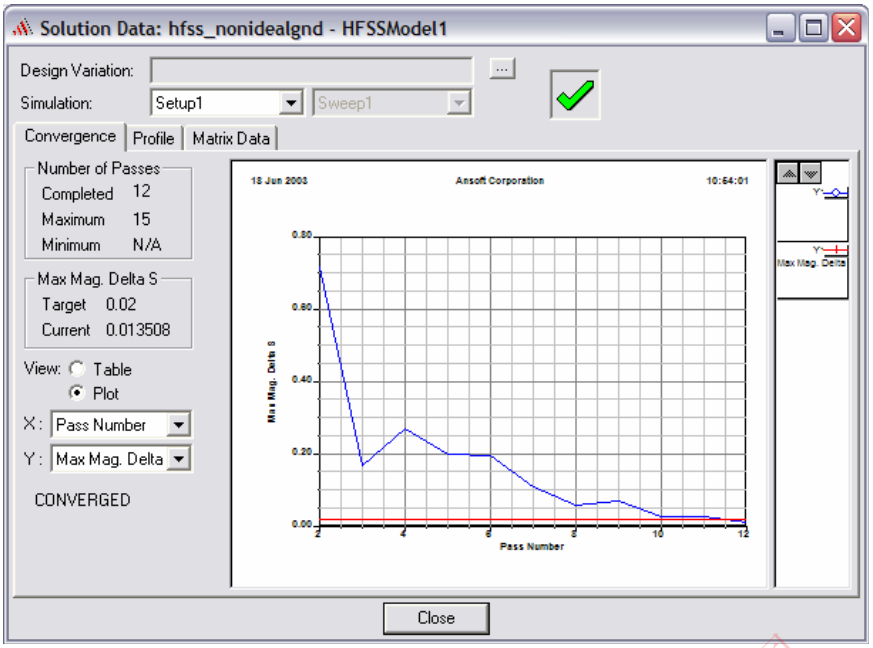
点击 **Profile** 标签可以显示计算的概况；

点击 **Convergence** 标签可以显示计算的收敛情况，缺省以表格的形式显示，选择 **Plot** 按钮可以切换为图形显示；

点击 **Matrix Data** 标签可以显示计算的结果，为了实时显示计算的结果，设置 **Simulation** 为 **Setup1 Last Adaptive**。

2）点击 **Close** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的精交流平台 & 良好学术交流氛围



F.8.3.24

八. 创建报告

一） 创建端口 S 参数曲线，相对迭代次数

注释：如果报告在求解之前或求解过程中建立，计算的结果可以实时更新。

1．选择菜单项 ***HFSS > Results > Create Report***

2．Create Report 窗口设置如下

1）Report Type：**Terminal S Parameters**

2）Display Type：**Rectangular**

3）点击 **OK** 按钮

3．Traces 窗口设置如下

1）Solution：**Setup1: Adaptive1**

2）点击 X 标签

a．Use Primary Sweep：☐**UnChecked**

b．Category：**Variables**

c．Quantity：**Pass**

3）点击 Y 标签

a．Category：**Terminal S Parameter**

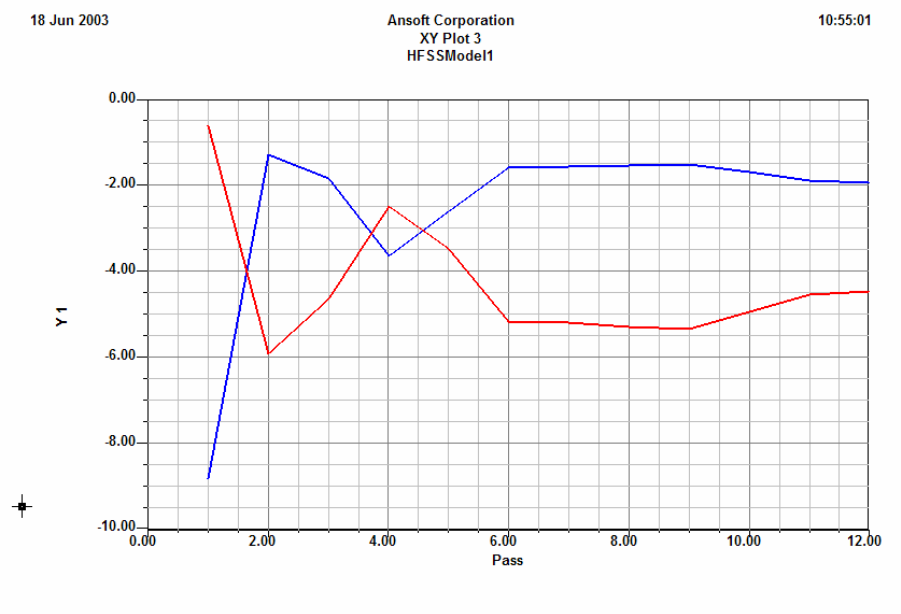
b．Quantity：**St(p1,p1) and St(p1,p2)**

c．Function：**dB**

d．点击 **Add Trace** 按钮

4）点击 **Down** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.8.3.25

二） 创建端口 S21 曲线，相对频率

1．创建报告

1）选择菜单项 ***HFSS > Results > Create Report***

2）Create Report 窗口设置如下

a）Report Type：**Terminal S Parameters**

b）Display Type：**Rectangular**

c）点击 **OK** 按钮

3）Traces 窗口设置如下

a）Solution：**Setup1: Sweep1**

b）Domain：**Sweep**

c）点击 Y 标签

Category：**Terminal S Parameter**

Quantity：**St(p1,p2)**

Function：**dB**

点击 **Add Trace** 按钮

4）点击 **Down** 按钮

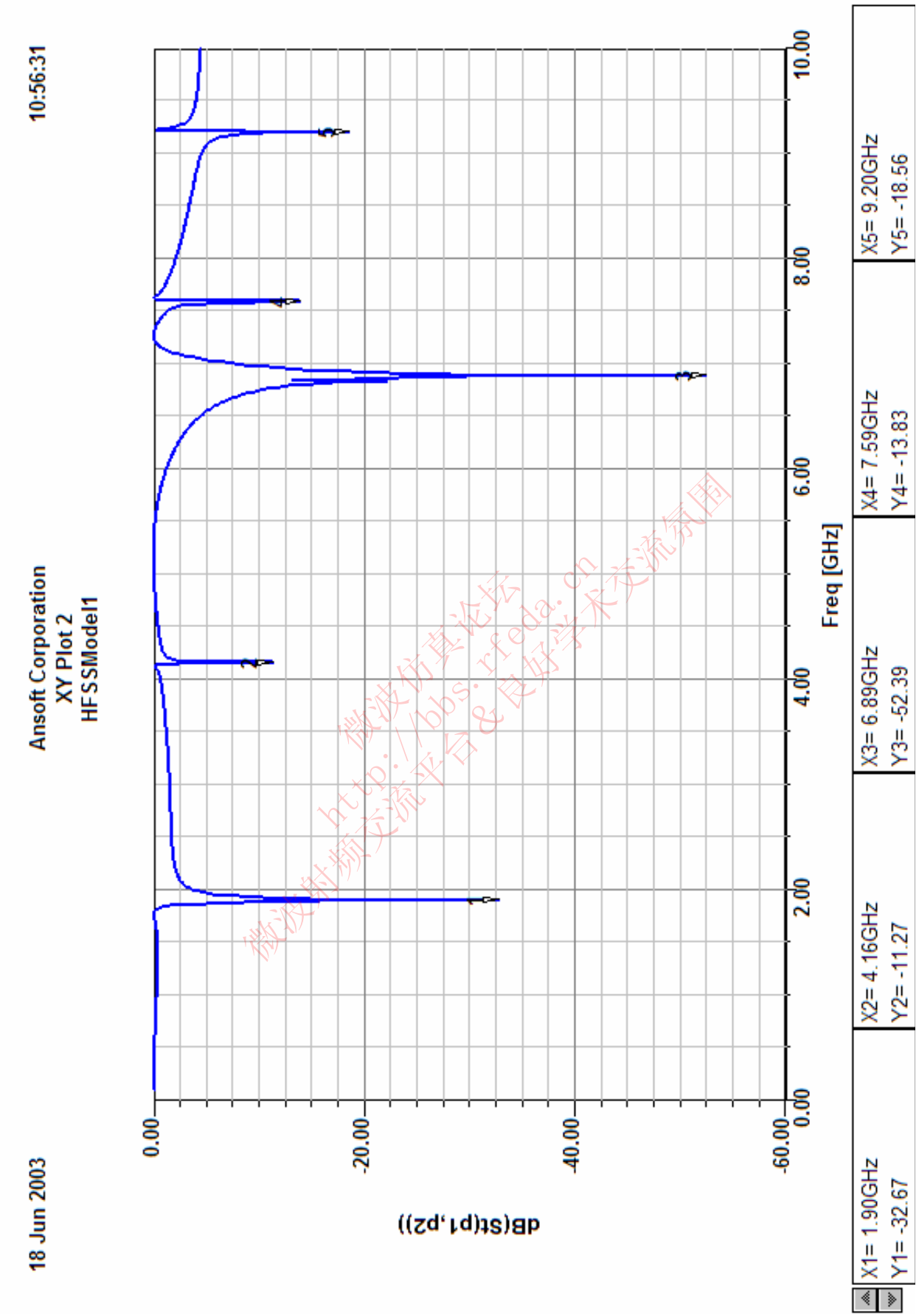
2. 在曲线上添加标记

1）选择菜单项 ***Report2D > Data Marker***

2）移动光标到曲线的谐振点处按鼠标左键

3）完成在曲线谐振点处放置标记后，点击鼠标右键选择 **Exit Marker Mode**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围


Ansoft Corporation
XY Plot 2
HFSSModel1
18 Jun 2003
10:56:31
dB(St(p1,p2))
0.00
-20.00
-40.00
-60.00
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
Freq [GHz]
X1= 1.90GHz
Y1= -32.67
X2= 4.16GHz
Y2= -11.27
X3= 6.89GHz
Y3= -52.39
X4= 7.59GHz
Y4= -13.83
X5= 9.20GHz
Y5= -18.56

F.8.3.26

九. 场图

一） 创建场图

1. 选择相对坐标系的 XY 平面

1）使用模型树，展开 **Planes** 项

选择相对坐标系 CS3 XY 平面，相对坐标系 CS3 XY 平面位于两个接地面之间。

2）选择菜单项 ***HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E***

3）Create Field Plot 窗口设置如下

a. Solution：**Setup1: Sweep1**

b. Intrinsic Variables：**Freq: 1.9GHz; Phase: 0deg**

c. Quantity：**Mag_E**

d. In Volume：**Board**

e. 点击 **Down** 按钮

2. 修改场图的输出属性

1）选择菜单项 ***HFSS > Fields > Modify Plot Attributes***

2）Select Plot Folder 窗口设置如下

a. Select：**E Field**

b. 点击 **OK** 按钮

3）E-Field 窗口设置如下

a. 点击 **Scale** 标签

Select **Use Limits**

Min: **5**

Max：**3500**

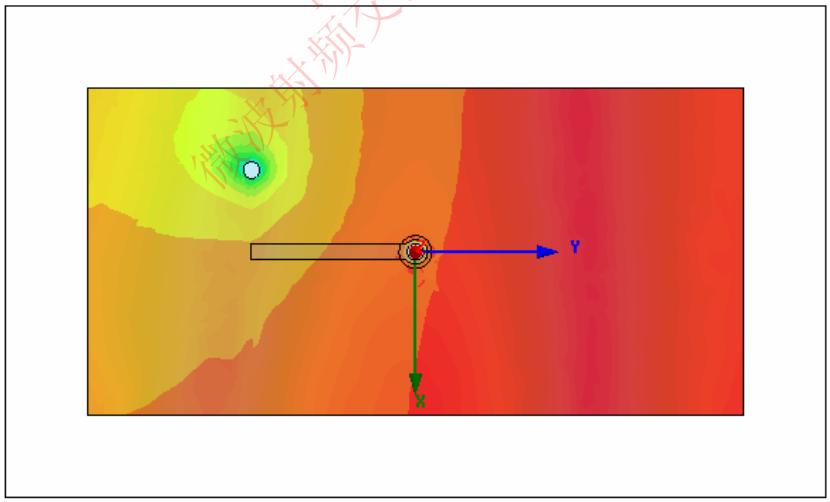
Scale: **Log**

b. 点击 **Plots** 标签

Scalar Plot**: Fringe**

c. 点击 **Close** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.8.3.27

二） 创建场图 — 增加频率点

1. 修改输出场图的频率

1）选择菜单项 ***HFSS > Fields > Modify Plot***

2）Select Plot Folder 窗口设置如下

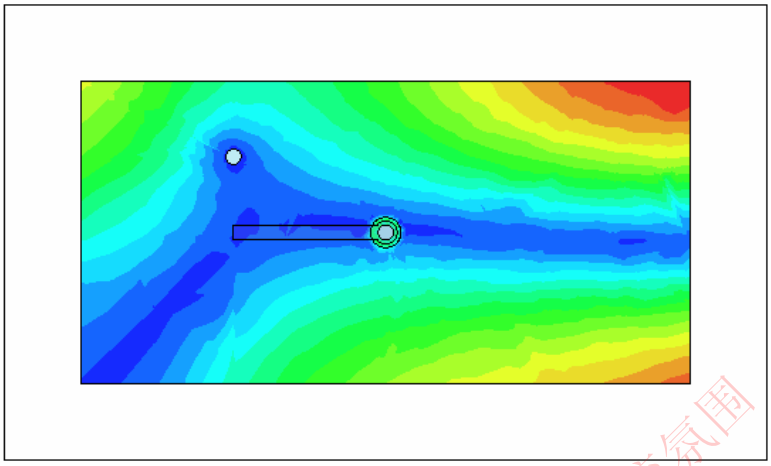
a．Select：**E Field**

b．点击 **OK** 按钮

3）Create Field Plot 窗口设置如下

a．Soluton：**Setup1: Sweep1**

b．Freq：**6.84GHz**



F.8.3.28

三） **退出 HFSS**

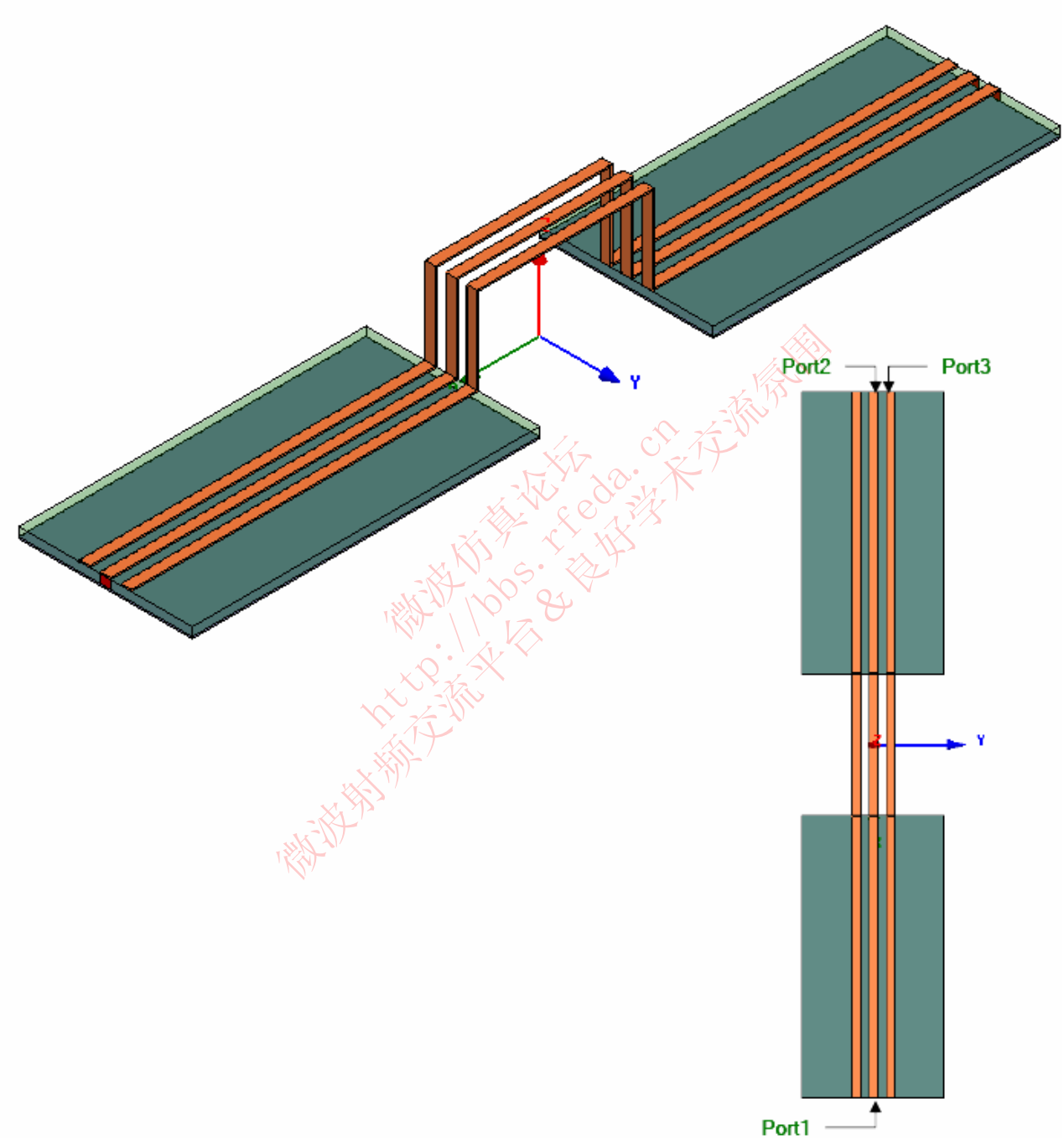
选择菜单项 ***HFSS > Exit***，如果提示保存，保存工程的变化。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第四节 回路

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析回路。

在HFSS设计平台中，可以用回路(*Return Path*）来观察边界/激励(*Boundary/Excitations*)



F 8.4.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一. 开始

一) 启动HFSS

1. 运行 Ansoft HFSS，点击桌面上的开始按钮，选择所有程序，找到 *Ansoft > HFSS 10* 程序组，点击 HFSS 10。

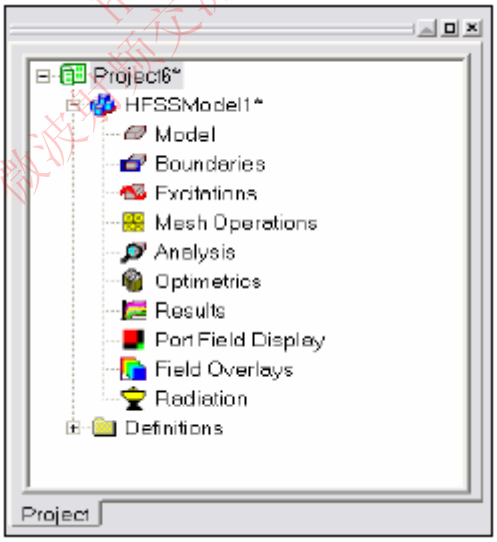
二）设置工具选项（Setting Tool Options）

注意：按本例仿真之前，请核实以下工具栏选项已设置好：

1. 选择菜单条目 *Tools > Options > HFSS Options*
2. **HFSS Options** 窗口：
   1). 点击一般 General 图标
   选中 Use Wizards for data entry when creating new boundaries: ☑
   选中 Duplicate boundaries with geometry: ☑
   2). 点击 OK 按钮
3. 选择菜单条目 *Tools > Options > 3D Modeler Options*
4. **3D模型选项窗口：**
   1). 点击操作 Operation 图标
   选中 Automatically cover closed polylines: ☑
   2). 点击绘图 Drawing 图标
   选中 Edit property of new primitives: ☑
   3). 点击 OK 按钮

三） 新建项目（Opening a New Project）

1. 在 Ansoft HFSS 窗口中，点击标准工具栏中的 图标，或者选择菜单条目 文件>新建 *File > New*。
2. 在工程 *Project* 菜单中，选择插入 **HFSS** 设计 *Insert HFSS Design*。



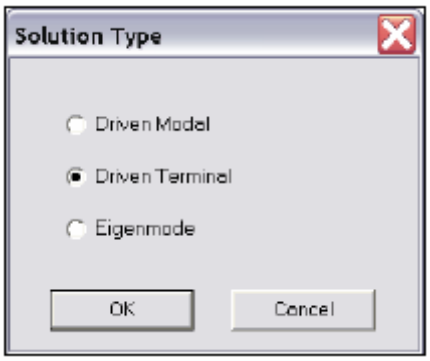
F 8.4.2

四） 设置求解类型（Set Solution Type）

1. 选择菜单条目 *HFSS > Solution Type*
2. 求解类型窗口：

1).选择端口驱动 Driven Terminal

2).点击 OK按钮



F 8.4.3

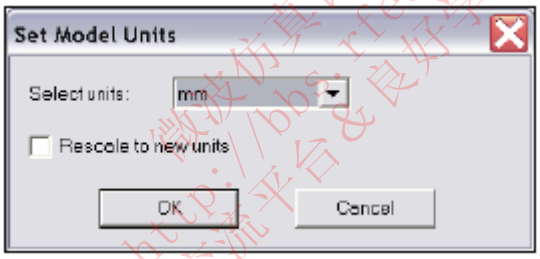
二. 构造3D模型

一） 设置模型单位（Set Model Units）

1. 选择菜单条目 *3D Modeler>Units*

2).设置模型单位： mm

3).点击OK按钮



F 8.4.4

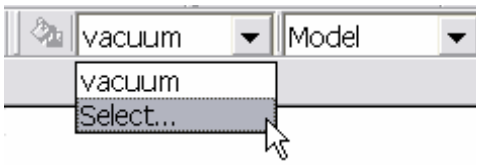
二） 设置默认材料（Set Default Material）

3D模型材料工具栏，选择 Select

1. Select Definition 窗口：

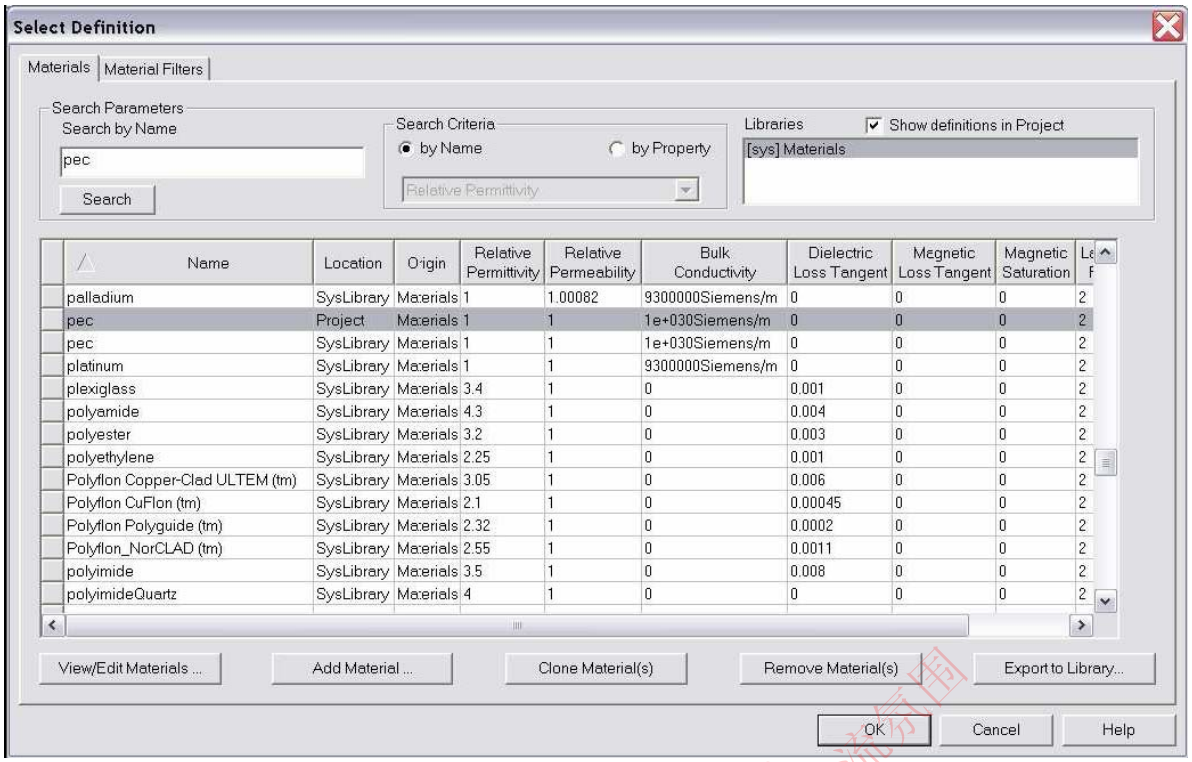
1).Search by Name表格处键入PEC

2).点击OK按钮



F 8.4.5

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真类交流平台&良好学术交流氛围



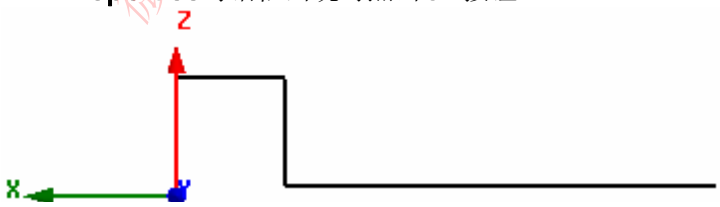
Name	Location	Origin	Relative Permittivity	Relative Permeability	Bulk Conductivity	Dielectric Loss Tangent	Magnetic Loss Tangent	Magnetic Saturation	Le
palladium	SysLibrary	Materials	1	1.00082	9300000Siemens/m	0	0	0	2
pec	Project	Materials	1	1	1e+030Siemens/m	0	0	0	2
pec	SysLibrary	Materials	1	1	1e+030Siemens/m	0	0	0	2
platinum	SysLibrary	Materials	1	1	9300000Siemens/m	0	0	0	2
plexiglass	SysLibrary	Materials	3.4	1	0	0.001	0	0	2
polyamide	SysLibrary	Materials	4.3	1	0	0.004	0	0	2
polyester	SysLibrary	Materials	3.2	1	0	0.003	0	0	2
polyethylene	SysLibrary	Materials	2.25	1	0	0.001	0	0	2
Polyflon Copper-Clad ULTEM (tm)	SysLibrary	Materials	3.05	1	0	0.006	0	0	2
Polyflon CuFlon (tm)	SysLibrary	Materials	2.1	1	0	0.00045	0	0	2
Polyflon Polyguide (tm)	SysLibrary	Materials	2.32	1	0	0.0002	0	0	2
Polyflon_NorCLAD (tm)	SysLibrary	Materials	2.55	1	0	0.0011	0	0	2
polyimide	SysLibrary	Materials	3.5	1	0	0.008	0	0	2
polyimideQuartz	SysLibrary	Materials	4	1	0	0	0	0	2

F 8.4.6

三）构造导线（Create Conductor）

构造导线线条：

1. 选择菜单条目 *Draw > Line*
2. 使用coordinate entry fields fields，输入坐标点：
   X: -5.0, Y: -0.24, Z: 0.1，按Enter
3. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -1.0, Y: -0.24, Z: 0.1，按Enter
4. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -1.0, Y: -0.24, Z: 1.1，按Enter
5. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: 0.0, Y: -0.24, Z: 1.1，按Enter
6. 使用鼠标右键并选择 Done
7. Properties对话框出现时点击OK按钮



F 8.4.7

设置栅格平面grid plane

1. 选择菜单条目 *3D Modeler > Grid Plane > YZ*

构造导线轮廓conductor profile

1. 选择菜单条目 *Draw > Rectangle*
2. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -5.0, Y: -0.3, Z: 0.1，按Enter
3. 使用coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标：
   d X: 0.0, d Y: 0.12, d Z: 0.02，按Enter

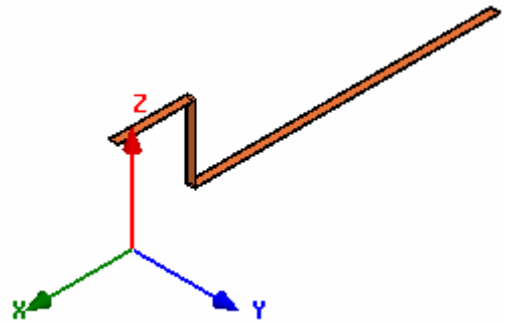
设置名称

1. 在Properties窗口中选择属性Attribute
2. 命名为： Cond
3. 点击OK按钮

构造导线

1. 选择菜单条目 *Edit > Select All Visible*，或者按 CTRL+A
2. 选择菜单条目 *Draw > Sweep > Along Path*
3. 沿路径扫描（Sweep along path）对话框出现时点击OK按钮

调整视角view



F 8.4.8

1. 选择菜单条目 *View > Fit All > Active View*，或者按 CTRL+D

四）复制导线（Duplicate Conductor）

选择对象：

1. 选择菜单条目 *Edit > Select All Visible*

复制导线：

1. 选择菜单条目 沿导线*Edit > Duplicate > Along Line*.
   1).第一个点：X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
   2).第二个点：d X: 0.0,d Y: 0.24, d Z: 0.0，按Enter
   3).总数： 3
   4).点击OK按钮

五） 导线镜像（Mirror Conductor）

复制现有导线：

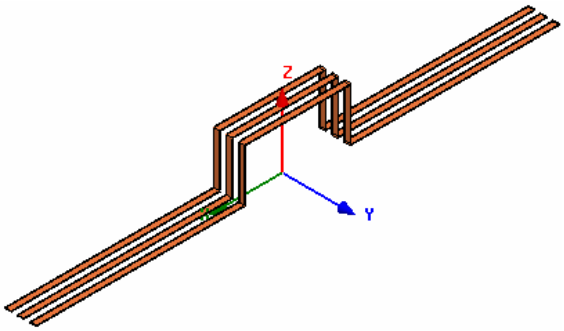
1. 选择菜单条目 *Edit > Select All Visible*.，或者按 CTRL+A
2. 选择菜单条目 *Edit > Duplicate > Mirror*.
   1).输入对称镜面的定位点：
   X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
   2).输入法线方向下指向镜面的目标点：
   d X: 1.0, d Y: 0.0, d Z: 0.0，按Enter

六） 导线组（Group Conductors）

设置导线组：

1. 选择菜单条目 *Edit > Select All Visible*.
2. 选择菜单条目 *3D Modeler > Boolean > Unite*

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 & 良好学术交流氛围



F 8.4.9

七） 构造地面（Create Ground）

构造地面：

1. 选择菜单条目 *Draw > Box*
2. 使用 coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -5.0, Y: -1.0, Z: 0.0，按Enter
3. 使用 coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标点：
   d X: 4.0, d Y: 2.0, d Z: -0.02，按Enter

设置名称：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为：GND
3. 点击OK按钮

调整视角

1. 选择菜单条目 *View > Fit All > Active View*

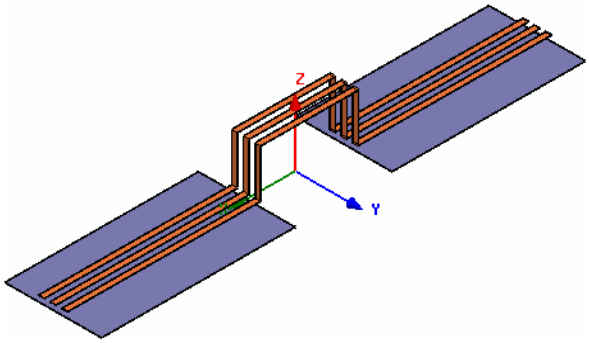
八） 地面镜像（Mirror Ground）

选择GND

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择Object Dialog，
   1).选择名字：GND
   2).点击OK按钮

复制地面

1. 选择菜单条目 *Edit > Duplicate > Mirror*
   1).输入对称镜面的定位点：
   X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
   2).输入法线方向下指向镜面的目标点：
   d X: 1.0, d Y: 0.0, d Z: 0.0，按Enter



F 8.4.10

九）设置栅格平面（Set Grid Plane）

设置栅格平面：

1. 选择菜单条目 *3D Modeler > Grid Plane > YZ*

十） 构造源（Create Source）

构造源：

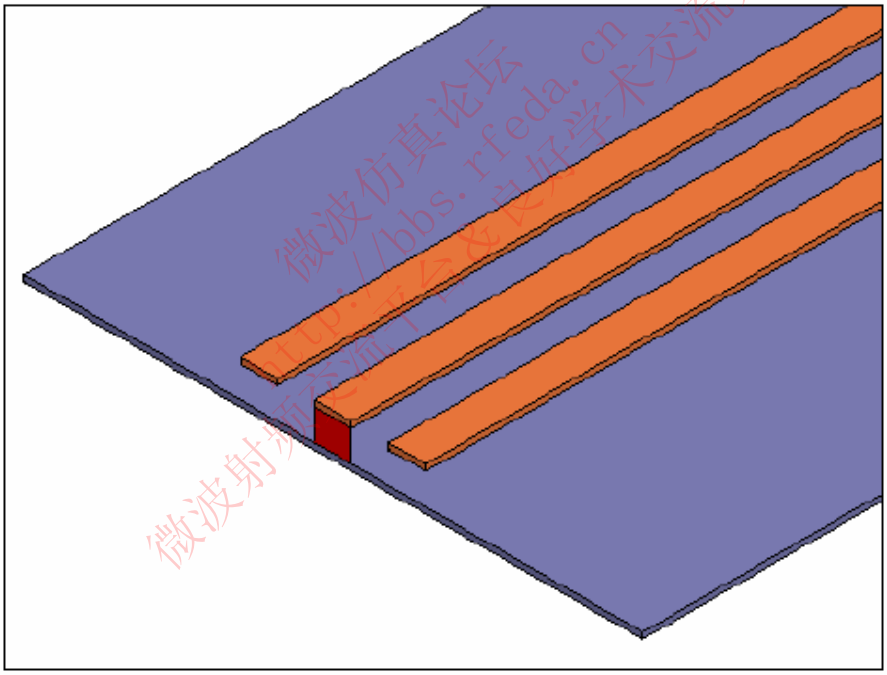
1. 选择菜单条目 *Draw > Rectangle*
2. 使用 coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -5.0, Y: -0.06, Z: 0.1，按Enter
3. 使用 coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标点：
   d X: 0.0, d Y: 0.12, d Z: -0.1，按Enter

设置名称：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为： Source
3. 点击OK按钮

调整视角

1. 选择菜单条目 *View>Fit All>Active View*



F 8.4.11

十一） 指派激励（Assign Excitation）

选择Source：

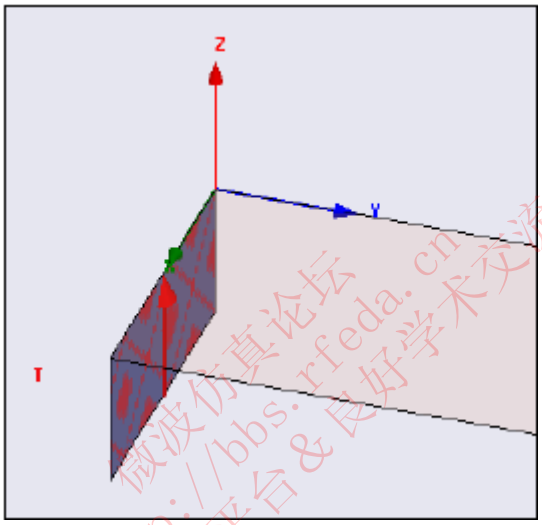
1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择Object Dialog，
   1).选择名字：Source
   2).点击OK按钮

   注意：在Model Tree也可以选择对象

分配激励给所选对象：

1. 选择菜单条目 *HFSS > Excitations > Assign > Lumped Port*

2. **Normal**
   1). Name：**P1**
   2). Resistance：**50**
   3). Reactance：**0**
   4). 点击**Next**按钮
3. **Terminals**
   1). Number of Terminals：**1**
   2). 点击Undefined并选择**New Line**
   3). 使用coordinate entry fields，输入坐标点：
      - **X: 5.0, Y: 0.0, Z: 0.0**，按**Enter**
   4). 使用coordinate entry fields，输入坐标点：
      - **d X: 0.0, d Y: 0.0, d Z: 0.1**，按**Enter**
   5). 点击**Next**按钮
   6). 点击**Finish**按钮



F 8.4.12

十二） 构造源2（Create Source2）

选择Source

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择**Object Dialog**，
   1). 选择名字：**Source**
   2). 点击**OK**按钮

复制Source

1. 选择菜单条目 *Edit > Duplicate > Mirror*
   1). 输入对称镜面的定位点：
      X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按**Enter**
   2). 输入法线方向下指向镜面的目标点
      d X: 1.0, d Y: 0.0, d Z: 0.0，按 **Enter**

十三） 构造源3（Create Source3）

选择Source

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择**Object Dialog**，
   1). 选择名字：**Source_1**
   2). 点击**OK**按钮

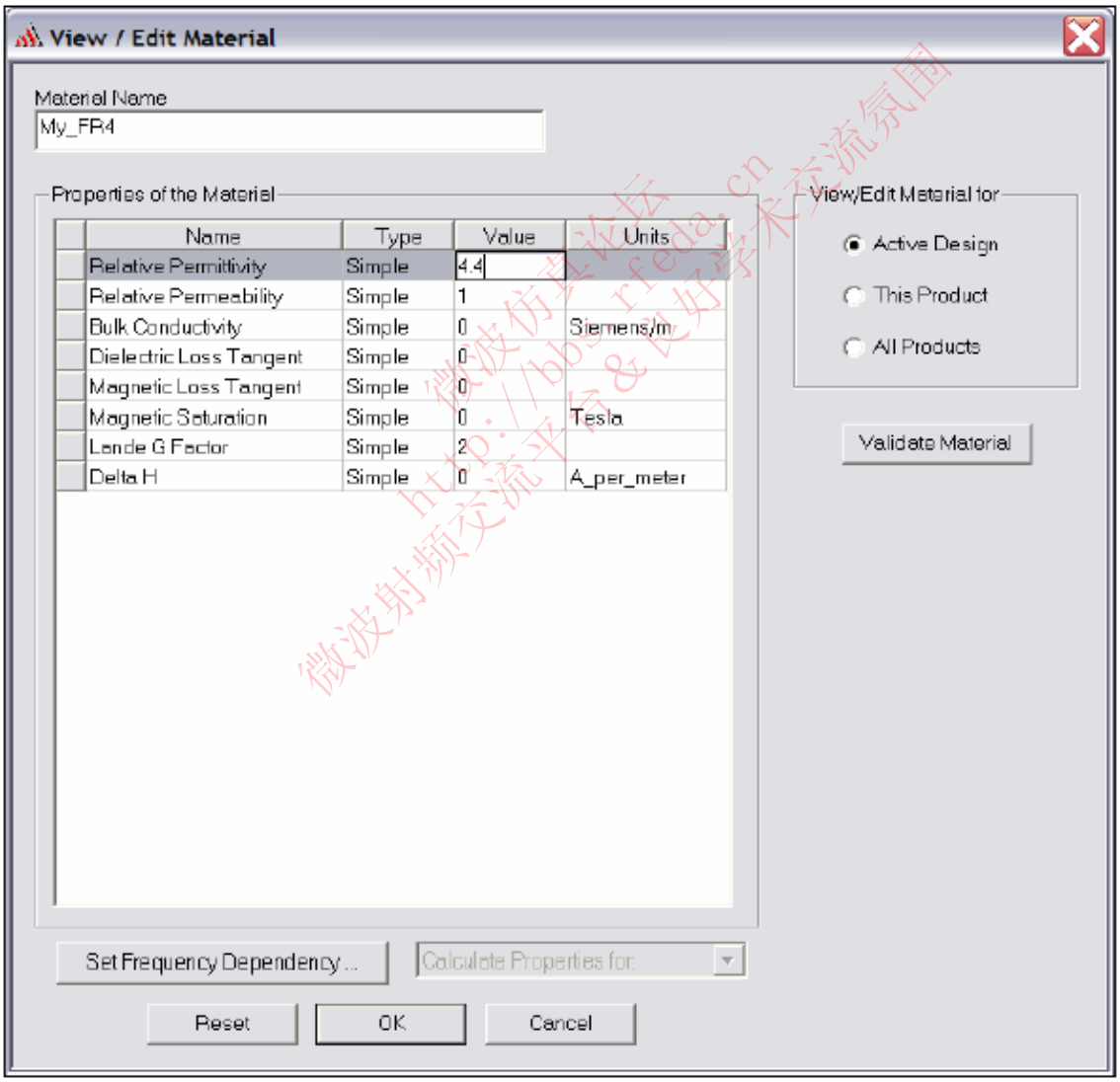
复制Source

1. 选择菜单条目 *Edit > Duplicate > Mirror*
   1). 输入对称镜面的定位点：
   X: 0.0, Y: 0.12, Z: 0.0，按Enter
   2). 输入法线方向下指向镜面的目标点：
   d X: 0.0, d Y: 1.0, d Z: 0.0，按 Enter

十四） 增加新材料（Add New Material）

选择 Source

1. 使用3D模型材料工具栏，选择 Select
2. 在Select Definition窗口中选择Add Material按钮
3. View/Edit Material窗口：
   1). material Name：My_FR4
   2). Relative Permittivity：4.4
   3). 点击OK按钮
4. 点击OK按钮



F 8.4.13

十五） 设置栅格平面（Set Grid Plane）

设置栅格平面：

1. 选择菜单条目 *3D Modeler>Grid Plane>XY*

十六） 构造衬底（Create Substrate）

构造衬底：

1. 选择菜单条目 *Draw>Box*
2. 使用 coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -5.0, Y: -1.0, Z: 0.0，按Enter
3. 使用 coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标点：
   d X: 4.0, d Y: 2.0, d Z: 0.1，按Enter

设置名称：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为：Substrate

设置透明度：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 点击Transparency按钮
   1). 移动游标至0.8（Opaque=0，Transparency=1）
   2). 点击Transparency按钮
   3). 点击OK按钮
3. 点击OK按钮

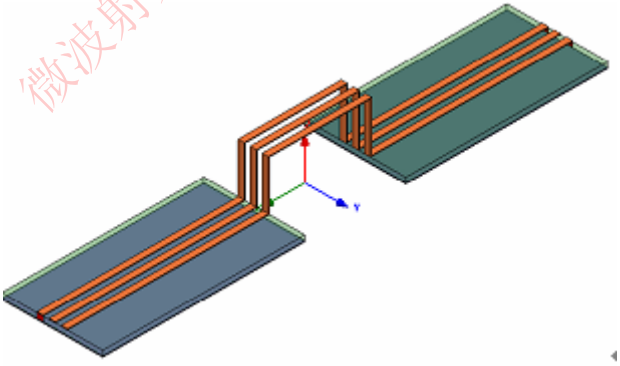
十七） 衬底镜像（Mirror Substrate）

选择Substrate

1. 选择菜单条目 *Edit>Select>By Name*
2. 选择Object Dialog，
   1). 选择名字：Substrate
   2). 点击OK按钮

复制衬底

1. 选择菜单条目 *Edit>Duplicate>Mirror*
   1). 输入对称镜面的定位点：
   X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
   2). 输入法线方向下指向镜面的目标点：
   d X: 1.0, d Y: 0.0, d Z: 0.0，按Enter



F 8.4.14

十八） 设置默认材料（Set Default Material）

复制衬底

1. 使用3D模型材料工具栏，选择 vacuum

F 8.4.15

十九） 构造空气（Create air）

构造空气：

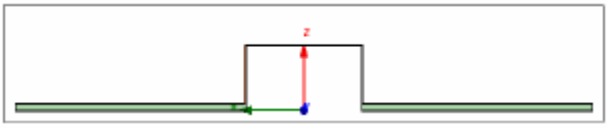
1. 选择菜单条目 *Draw>Box*
2. 使用 coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -5.2, Y: -2.0, Z: -0.2，按Enter
3. 使用 coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标点：
   d X: 10.4, d Y: 4.0, d Z: 2..0，按Enter

设置名称：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为： Air
3. 点击OK按钮

调整视角

1. 选择菜单条目 *View>Fit All>Active View*



F 8.4.16

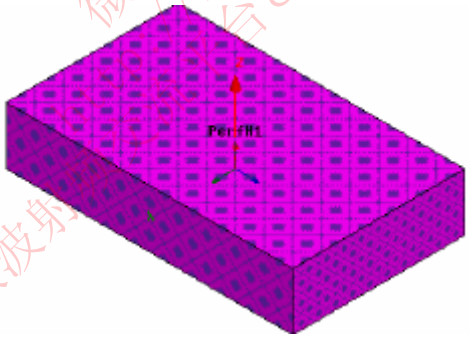
二十） 设置辐射（Assign Radiation）

选择Air：

1. 选择菜单条目 *Edit>Select>By Name*
2. 选择Object Dialog，
   1). 选择名字：Air
   2). 点击OK按钮

设置辐射边界：

1. 选择菜单条目 *HFSS>Boundaries>Assign>Radiation*
2. 点击OK按钮

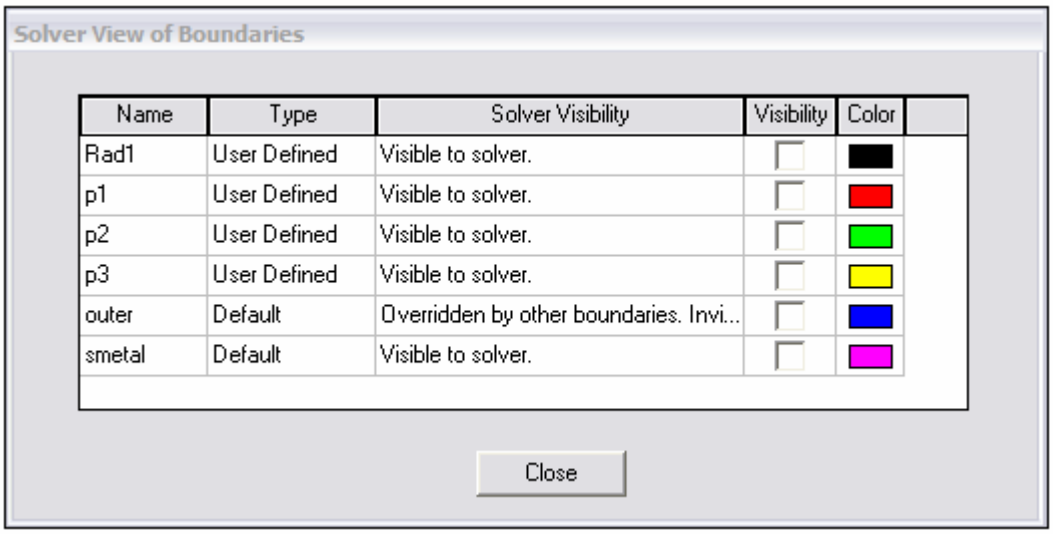


F 8.4.17

二十一） 显示边界（Boundary Display）

校验边界设置：

1. 选择菜单条目 *HFSS > Boundary Display (Solver View)*
2. 在Solver View of Boundaries窗口中设置各种边界的可见性
   注意：导体的边界显示为smetal边界
   注意：选择菜单条目 *View > Visibility*来隐藏几何模型，以更好的观察边界
3. 完成设置后点击Close按钮



Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
Rad1	User Defined	Visible to solver.		
p1	User Defined	Visible to solver.		
p2	User Defined	Visible to solver.		
p3	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Overridden by other boundaries. Invi...		
smetal	Default	Visible to solver.		

F 8.4.18

三. 求解设置

一） 设置求解器（Create Analysis Setup）

1. 选择菜单条目 *HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup*
2. **Solution Setup** 窗口：
   1). 点击 **General** 图标
   Solution Frequency：**15.1GHz**
   Maximum Number Of Passes：**20**
   Maximum Delta S：**0.03**
   2). 点击 **Options** 图标
   选中 **Do Lambda Refinement**
   Target：**0.05**
   选中 **User Low-Order Solution Basis**
   3). 点击 **OK** 按钮

二） 增加频率扫描（Adding a Frequency Sweep）

1. 选择菜单条目 *HFSS>Analysis Setup>Add Sweep*
   1). 选择 Solution Setup：**Setup1**
   2). 点击 **OK** 按钮
2. 编辑 Sweep 窗口：
   1). Sweep Type：**Fast**
   2). Frequency Setup Type：**Linear Count**
   Start：**0.1GHz**
   Stop：**15.1GHz**
   Count：**301**
   选中 **Save Fields**
   3). 点击 **OK** 按钮

四. 保存项目

一） 保存项目：

1. 选择菜单条目 *File > Save As*.
2. 在 Save As 窗口中输入文件名：hfss returnpath
3. 点击 Save 按钮

五. 求解

一） 验证模型（Model Validation）

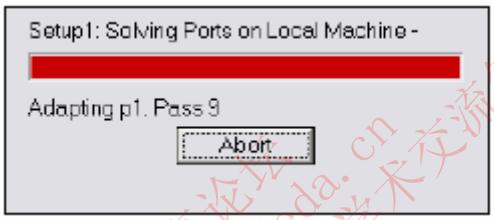
1. 选择菜单条目 *HFSS > Validation Check*
2. 点击 **close** 按钮

注意:可以通过设置 Message manager 来观察任何错误和警告

二） 求解（Analyze）

启动求解进程：

1. .选择菜单条目 *HFSS > Analyze All*



F 8.4.19

三）数据记录（Solution Data）

观察数据记录：

1. 选择菜单条目：*HFSS>Results>Solution Data*

观察 **Profile**：

1). 点击 Profile 图标

观察 **Convergence**：

1). 点击 Convergence 图标

注意：系统默认以表格形式观察，可以点击单选按钮 **Plot** 来观察图像表示

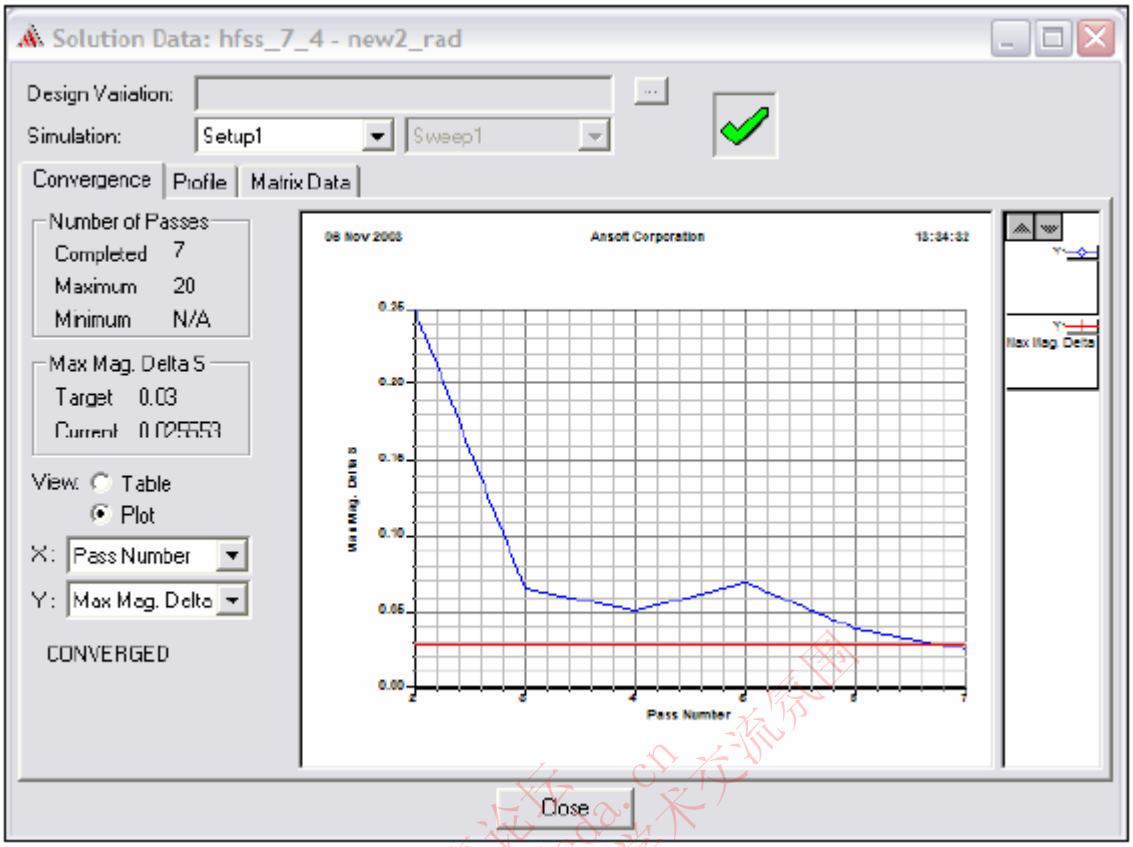
观察 **Matrix Data**：

1). 点击 Matrix 图标

注意：可以设置 **Setup1** 为 **Last adaptive** 来实时观察数据矩阵

2. 点击 **Close** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



F 8.4.20

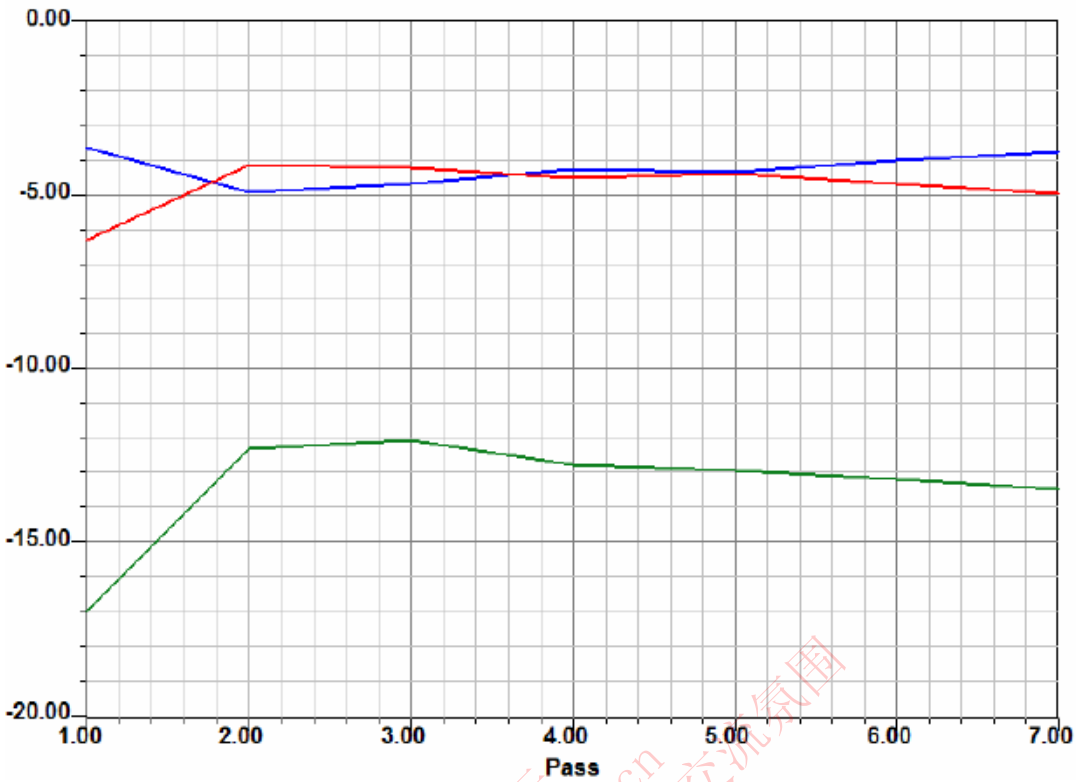
六. 生成报表

一) 构造对自适应级的端口S参数图（Create Terminal S-Parameter Plot vs. Adaptive Pass）

注意：如果这个报告优先于求解进程将会显示实时结果

构造报告：

1. 选择菜单条目：*HFSS>Results>Create Report*
2. 构造 Report 窗口：
   1). Report Type：**Terminal S Parameter**
   2). Display Type：**Rectangular**
   3). 点击 **OK** 按钮
3. Traces 窗口：
   1). 求解：**Setup1**：**Adaptive1**
   2). 点击 **Y** 图标
      A) Category：**Terminal S Parameter**
      B) Quantity：**St（P1，P1），St（P1，P2），St（P1，P3）**
      C) Function：**dB**
      D) 点击 **Add Trace** 按钮
   3). 点击 **Done** 按钮



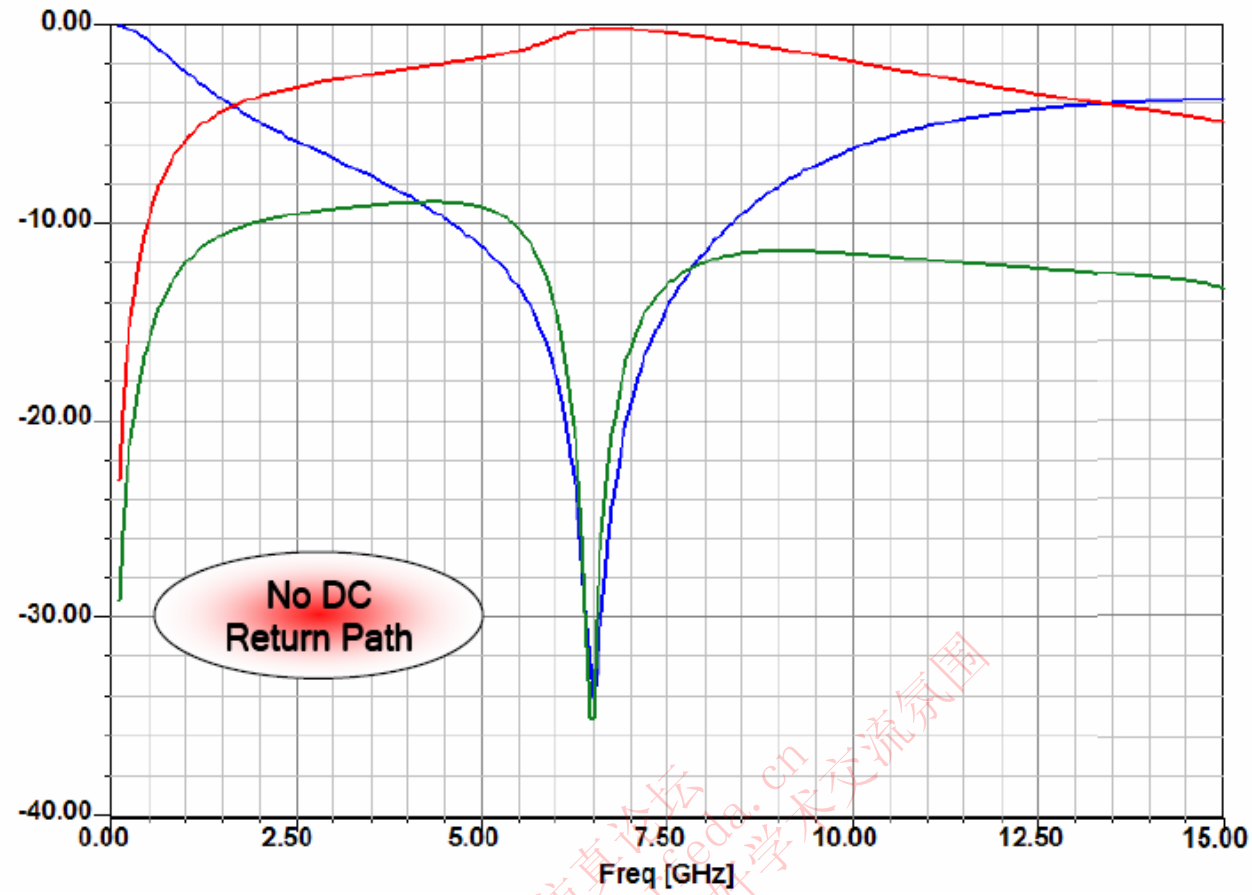
F 8.4.21

二）构造对频率的终端S参数图（Create Terminal S-Parameter Plot vs. Frequency）

构造报告：

1. 选择菜单条目：*HFSS>Results>Create Report*
2. 构造 Report 窗口：
   1). Report Type：**Terminal S Parameter**
   2). Display Type：**Rectangular**
   3). 点击 **OK** 按钮
3. Traces 窗口：
   1). 求解：**Setup1：Sweep1**
   2). Domain：**Sweep**
   3). 点击 **Y** 图标
      A) Category：**Terminal S Parameter**
      B) Quantity：**St（P1，P1），St（P1，P2），St（P1，P3）**
      C) Function：**dB**
      D) 点击 **Add Trace** 按钮
   4). 点击 **Done** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波技术交流平台 & 良好学术交流氛围

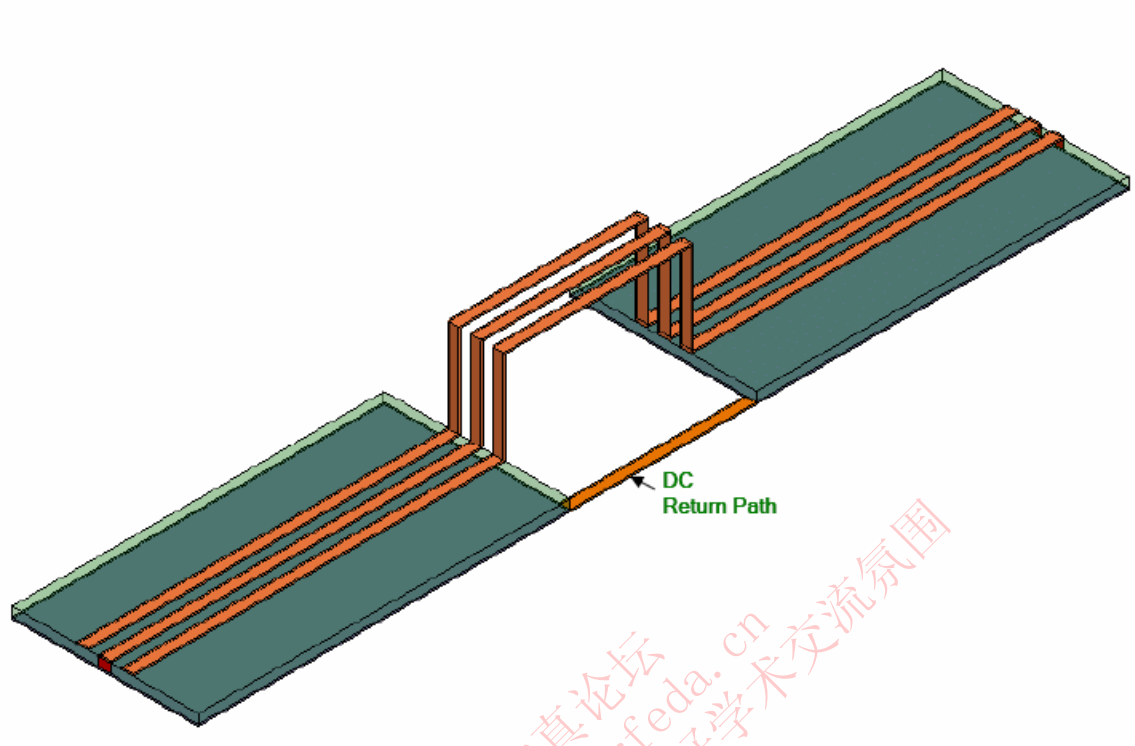


F 8.4.22

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

七. 回路-增加直流回路（Return Path-Add an DC Return Path）

通过在两地之间增加直流回路来继续我们的研究，直流回路有更小的电阻。



F 8.4.23

一）复制设计（Copy The Design）

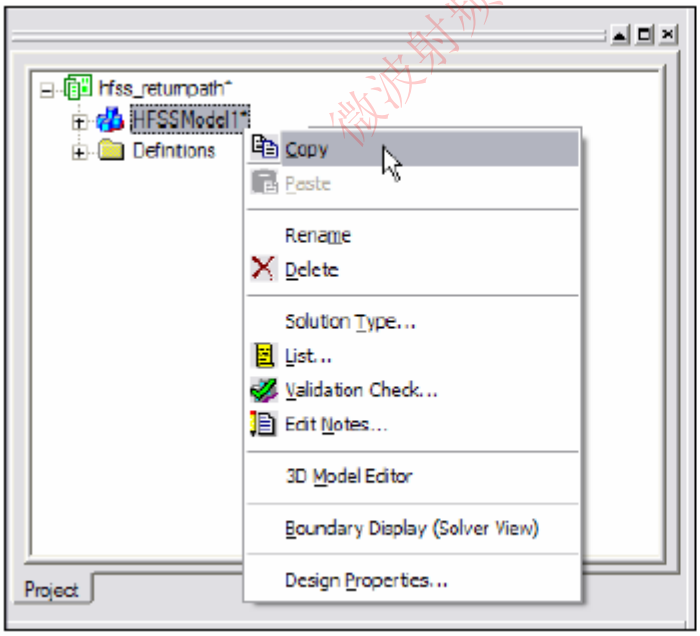
复制整个设计：

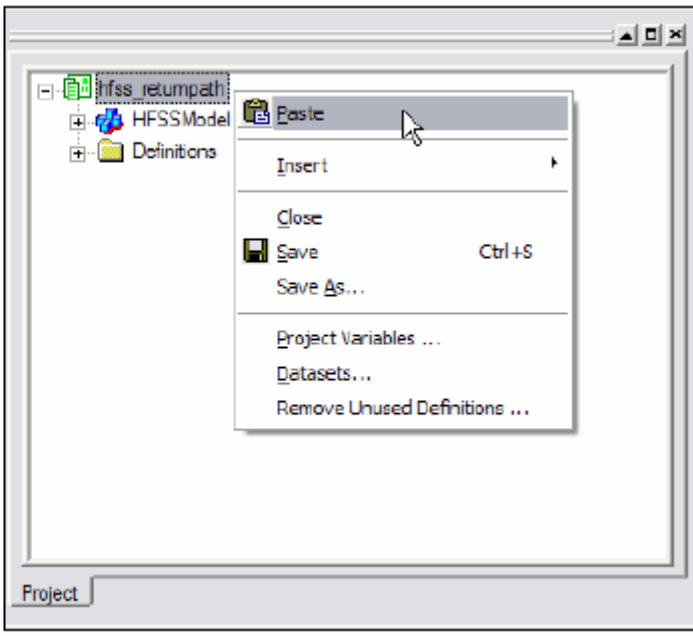
1. 使用项目管理器

   1). 右键点击 HFSSModel1 并选择 *Copy*

2. 使用项目管理器

   1). 右键点击 hfss_returnpath 并选择 *Paste*





F 8.4.24

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二） 打开3D模型编辑器（Open 3D Model Editor）

打开 3D 模型编辑器：

1. 使用项目管理器

1). 右键点击 HFSSModel2 并选择 *3D Model Editor*

三） 设置默认材料（Set Default Material）

设置默认材料：

1. 选择 3D 模型材料工具栏，选择 PEC

四）构造直流回路（Create DC Path）

构造直流回路：

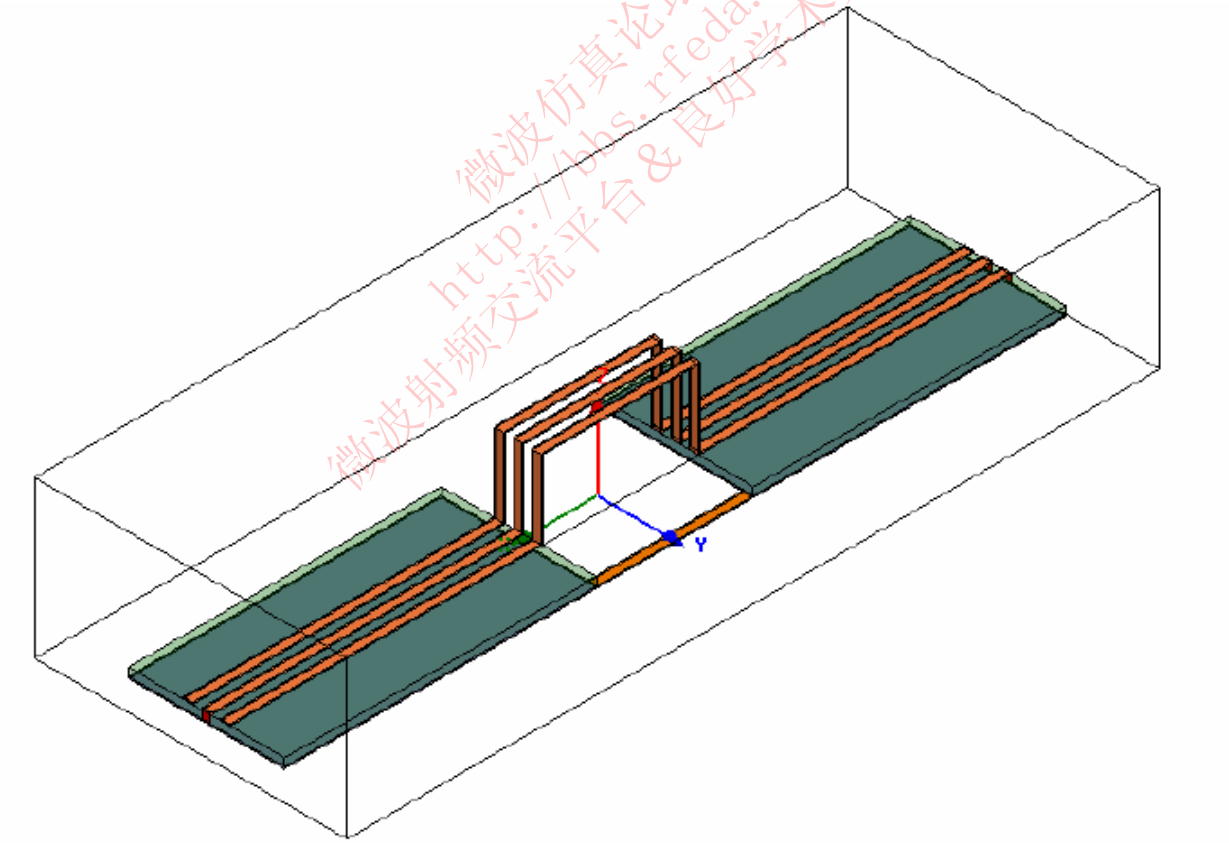
1. 选择菜单条目 *Draw>Box*
2. 使用 coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -1.0, Y: 1.0, Z:0.0，按Enter
3. 使用 coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标点：
   d X: 2.0, d Y: -0.12, d Z: 0.02，按Enter

设置名称：

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为：DCPath
3. 点击OK按钮

调整视角

1. 选择菜单条目 *View>Fit All>Active View*



F 8.4.25

五） 保存项目（Save project）

选择菜单条目 *File>Save*

六） 求解（Analyze）

七） 验认模型（Model Validation）

选择菜单条目 ***HFSS>Validation Check***

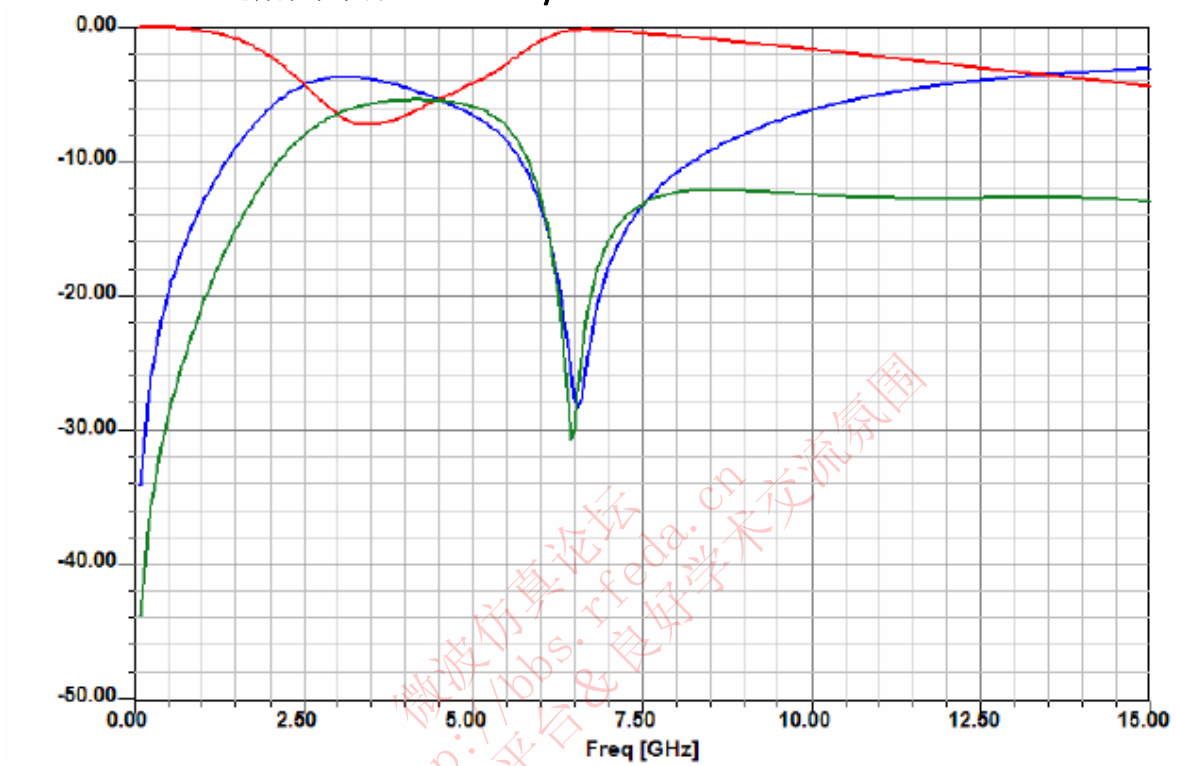
1. 点击 **Close** 按钮

八） 求解（Analyze）

1. 选择菜单条目 ***HFSS>Analyze All***

九） 打开所有现有报告（Open All Existing Report）

1. 选择菜单条目 ***Results>Open All Results***

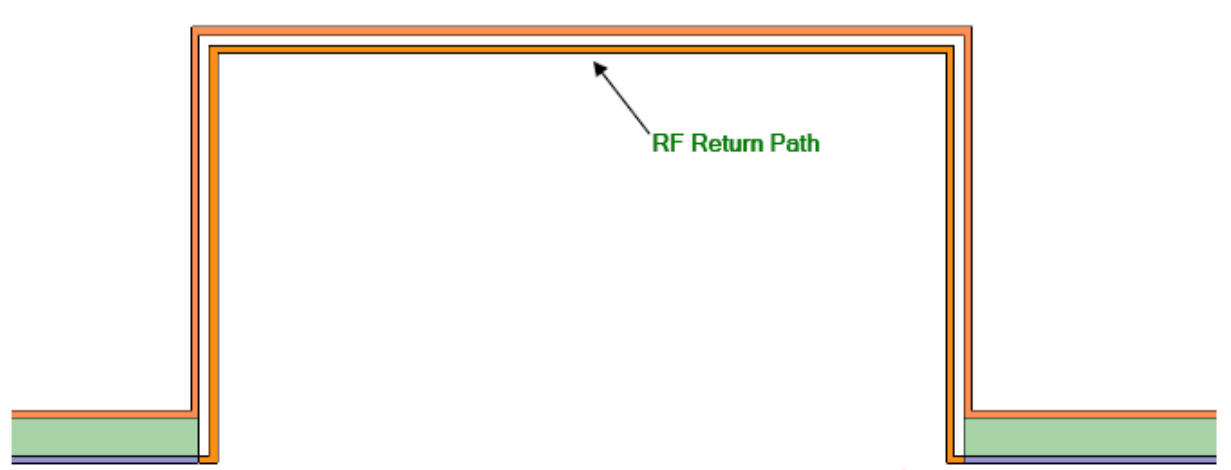


F 8.4.26

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

八. 回路-增加射频回路（Return Path-Add an RF Return Path）

通过在两地之间增加射频回路来继续我们的研究，射频回路有更小的自感应。

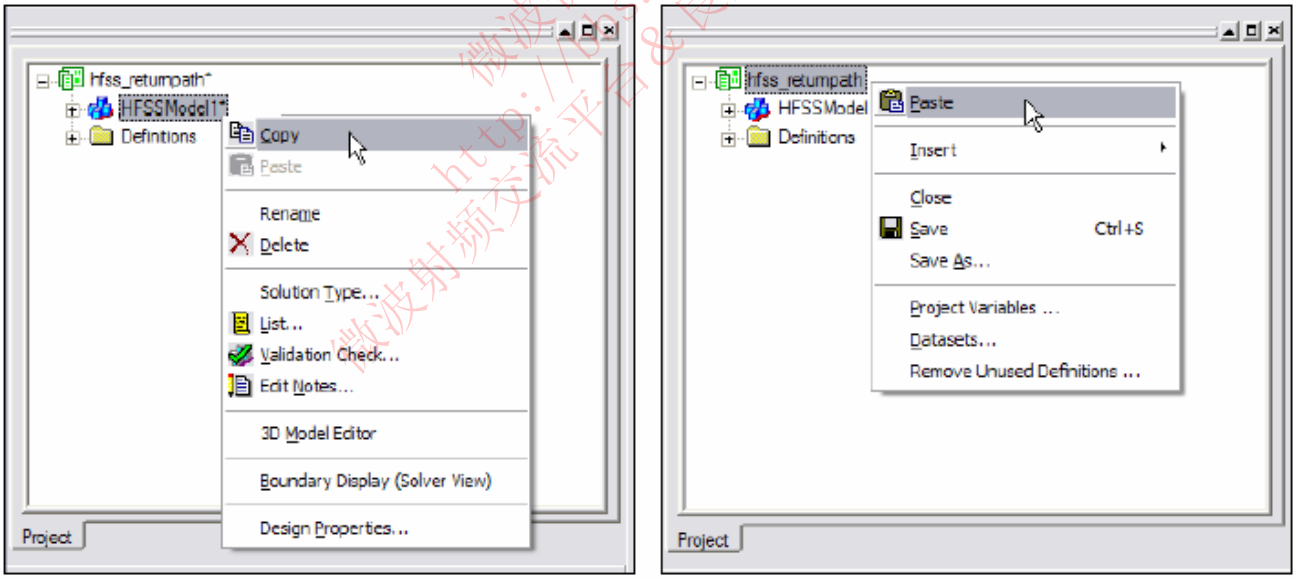


F 8.4.27

一）复制设计（Copy The Design）

复制整个设计：

1. 使用项目管理器
    1. 右键点击 HFSSModel1并选择*Copy*
2. 使用项目管理器
    1. 右键点击 hfss_returnpath并选择*Paste*



F 8.4.28

二） 打开3D模型编辑器（Open 3D Model Editor）

打开 3D 模型编辑器：

1. 使用项目管理器
    1). 右键点击 HFSSModel3并选择 *3D Model Editor*

三） 设置默认材料（Set Default Material）

设置默认材料：

1. 选择 3D 模型材料工具栏，选择 PEC

四）构造射频回路（Create RF Path）

构造射频回路：

1. 选择菜单条目 *Draw > Line*
2. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -1.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
3. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -0.972, Y:0.0, Z: 0.0，按Enter
4. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -0.972, Y: 0.0, Z: 1.072，按Enter
5. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: 0.0, Y: 0.0, Z: 1.072，按Enter
6. 使用鼠标右键并选择 Done
7. Properties对话框出现时点击OK按钮

设置栅格平面

1. 选择菜单条目 *3D Modeler > Grid Plane > YZ*

构造导线轮廓

1. 选择菜单条目 *Draw > Rectangle*
2. 使用coordinate entry fields ，输入坐标点：
   X: -1.0, Y: -0.06, Z: 0.0，按Enter
3. 使用coordinate entry fields ，输入矩形对角的坐标：
   d X: 0.0, d Y: 0.12, d Z: -0.02，按Enter

设置名称

1. 在Properties窗口中选择Attribute
2. 命名为： RFpath
3. 点击OK按钮

构造射频回路

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择 Object 对话框
   1). 选择名字：polyline2,RFPath
   2). 点击OK按钮
3. 选择菜单条目 *Draw > Sweep > Along Path*
4. Sweep along path对话框出现时点击OK按钮

五） 导线镜像（Mirror Conductor）

复制导线：

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*
2. 选择 Object 对话框
   1). 选择名字：RFPath
   2). 点击 OK 按钮
3. 选择菜单条目 *Edit > Duplicate > Mirror*
   1). 输入对称镜面的定位点
   X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0，按Enter
   2). 输入法线方向下指向镜面的目标点
   d X: 1.0, d Y: 0.0, d Z: 0.0，按 Enter

六） 导线组（Group Conductors）

设置导线组：

1. 选择菜单条目 *Edit > Select > By Name*

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 免费交流平台 & 良好学术交流氛围

2. 选择 Object 对话框
   1). 选择名字：RFPath，RFPath_1
   2). 点击 OK 按钮
3. 选择菜单条目 *3D Modeler > Boolean > Unite*

F 8.4.29

七） 保存项目（Save project）

1. 选择菜单条目 *File>Save*

八） 确认模型（Model Validation）

1. 选择菜单条目 *HFSS>Validation Check*
2. 点击 Close 按钮

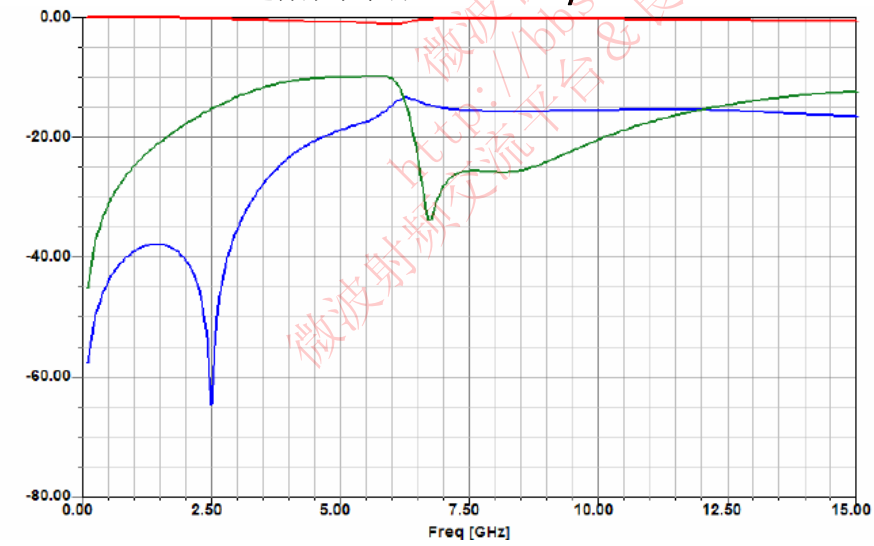
九） 求解（Analyze）

启动求解进程：

1. 选择菜单条目 *HFSS>Analyze All*

十） 打开所有现有报告（Open All Existing Report）

1. 选择菜单条目 *Results>Open All Results*



F 8.4.30

九. 退出程序（Exiting HFSS）

退出程序：

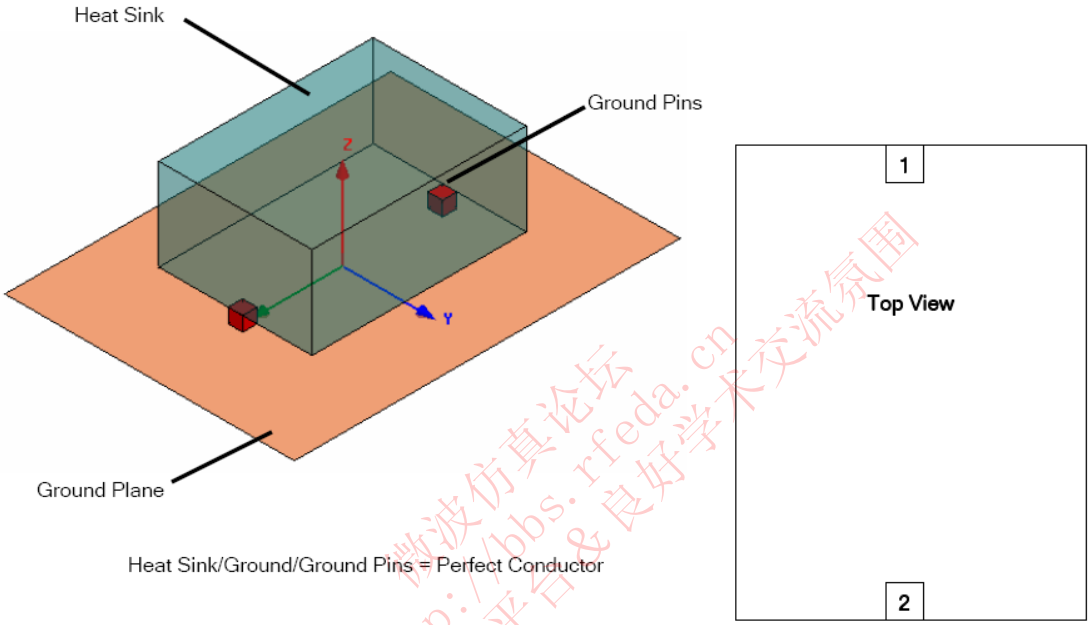
1. 选择菜单条目 *File > Exit*
   1). 提示是否保存改动

第九章 电磁兼容/电磁干扰实例

第一节　散热片

- 这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析散热片。

- 随着高功率和微波时钟的快速发展，研究散热片发射微电子变得十分必要。接下来我们研究一个单点接地结构的性能。下图详细描述了这个静态装置，你也即将要创建它：



F.9.1.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一、Ansoft HFSS 设计环境

下面使用 HFSS 环境的特点来创建这个散热片的模型：

1. 三维几何模型
   - 基本模型（**Primitives**）： **Box, Rectangle**
2. 边界/端口激励
   - 边界（**Boundaries**）：**Perfect H, Perfect E**
3. 结果
   - 本征模数据（**Eigenmode Data**）
   - 场：电场和磁场（**E- & H-Field**）

二、设计检查

一）建立几何模型之前我们先检查一下设计。

1. 端口尺寸/类型=？？？
2. 自由空间=？？

二）端口尺寸/类型

1. 本仿真的目的就是研究各种接地是否能有效地减少散热片的辐射。下面介绍 2 种可行的方法来分析这个问题：

方法 1：定义一个端口激励这个模型，并测量离模型一定距离处的辐射来得到共振频率。从释放的辐射可以得到低频特性。这个和计算机性能、激励位置有关，模式可能会丢失。

方法 2：使用本征模式（**Eigenmode**）计算得到散热片的自身响应。这种方法不会给出释放的辐射，但是我们能很快知道哪种结构能减少低频辐射。

下面我们试试第二种方法。本征模算法不需要端口激励，因此我们只要设定好几何模型和边界条件。

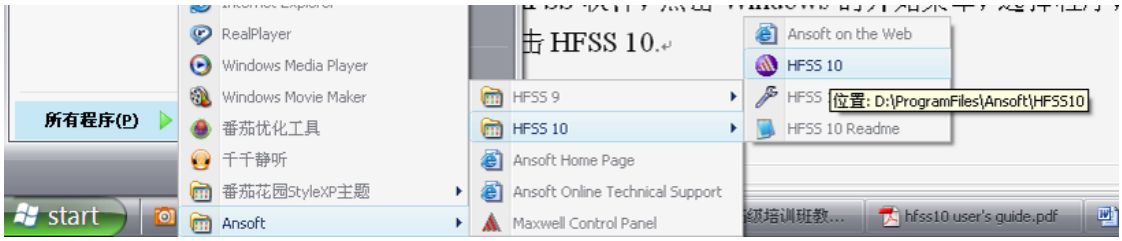
三）自由空间

本征模算法不支持辐射边界，因此我们在模型外部使用 **perfect H** 边界来仿真自由空间。

三、开始

一）运行 Ansoft HFSS

1. 要打开 Ansoft HFSS 软件，点击 Windows 的开始菜单，选择程序，然后选中 **Ansoft HFSS 10** 程序组。点击 **HFSS 10**.



F.9.1.2

二）设置工具选项

1. 具体操作步骤：

注：要跟着这个例子步骤做下去，先确定工具选项设置和下面的一致：

1）选择菜单项 ***Tool > Options > HFSS Options***

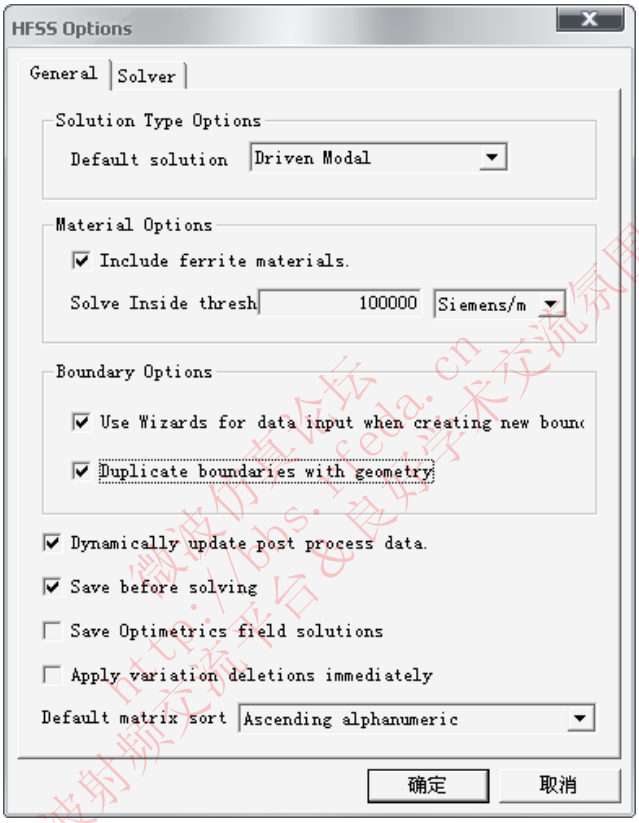
2）在 HFSS 选项窗口：

a. 单击 ***General*** 属性页

勾选“创建新边界时使用向导输入数据”.（**Use Wizards for data entry when creating new boundaries**）

勾选“随几何模型一起复制边界”.（**Duplicate boundaries with geometry**）

b. 点击 ***Ok*** 按钮



F.9.1.3

3）选择菜单项 ***Tool > Options > 3D Modeler Options.***

4）在三维模型选项窗口：

a. 单击 **Operation** 属性页

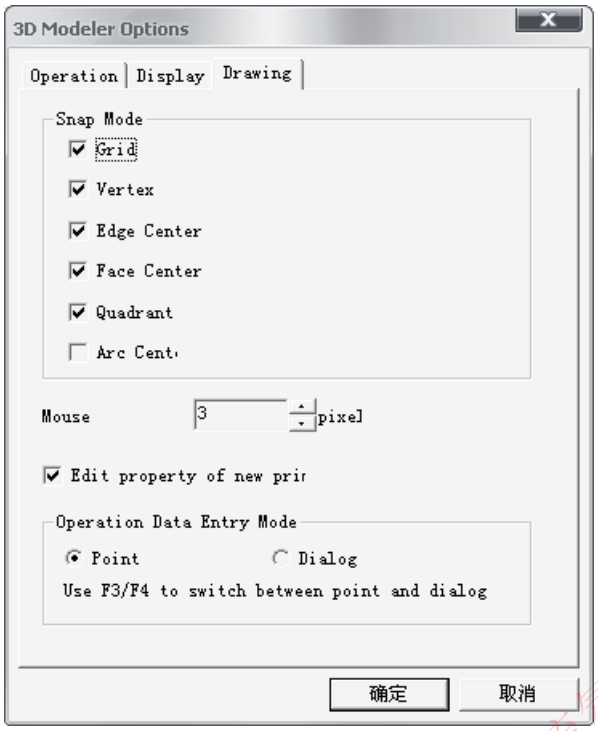
勾选“自动闭合多边线”（**Automatically cover closed polylines**）。

b. 单击 **Drawing** 属性页

勾选“编辑新几何体的属性”（Edit property of new primitives）。也就是画完一个形状或物体，会自动弹出它的属性框让你修改。

c. 单击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



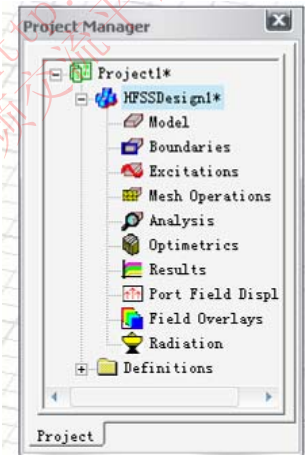
F.9.1.4

四）新建一个工程

1. 具体操作步骤：

1）在 **HFSS** 窗口，单击标准工具栏的 ，或者选择菜单项 ***File > New***.

2. 从 **Project** 菜单，选择 **Insert HFSS Design**。



F.9.1.5

五）设置解决方案类型

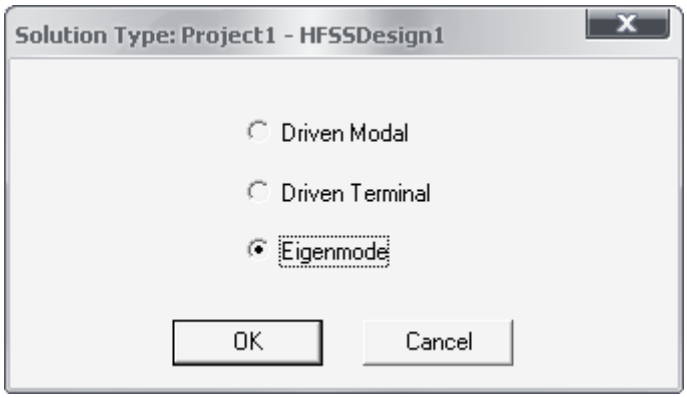
1. 具体操作步骤：

1） 选择菜单 ***HFSS > Solution Type***

2） 在解决方案类型设置窗口：

a. 选中 **Eigenmode**

b. 单击 **OK** 按钮

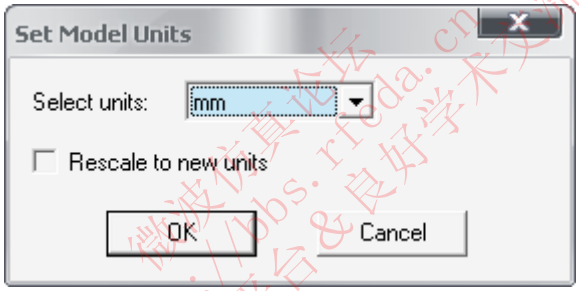


F.9.1.6

四、创建三维模型

一）设置模型单位

1. 具体操作步骤：
   1）选择菜单 ***3D Modeler > Units***
   2）单击 **OK** 按钮



F.9.1.7

二）设置默认材质

1. 具体操作步骤：
   1）在三维模型材质工具栏上，选择 **Vacuum**

F.9.1.8

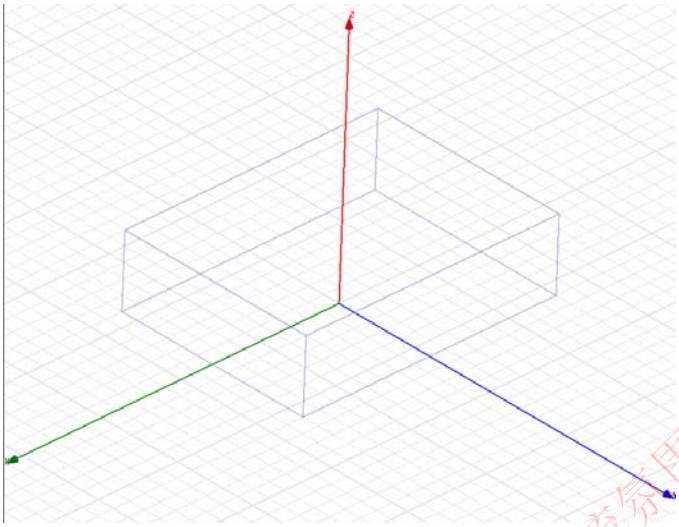
三）创建一个空气体

1. 创建空气长方体：
   1） 选择菜单 ***Draw > Box***
   2） 使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
   X:-80.0, Y:-60.0, Z:0.0，按 Enter 键结束
   3） 使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
   dX:160.0, dY:120.0, dZ:44.1，按 Enter 键结束

2. 更改名字：
   1） 从属性窗口选择 Attribute 属性页
   2） 在 Name 栏输入：Air

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

3. 设置显示方式为 **Wireframe**：
   1） 从属性窗口选中 Attribute 属性页
   2） 勾选“显示金属丝框架”（Display Wireframe）
   3） 单击 OK 按钮



F.9.1.9

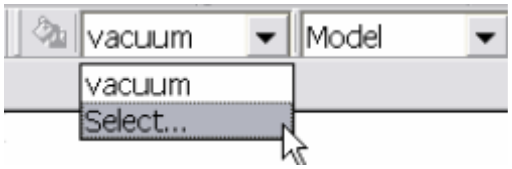
4. 设置最佳观看：
   1） 选择菜单 View > Fit All > Active View 或使用快捷键 Ctrl+D

5. 设置 **Air** 的边界为 **Perfect H**
   1） 选择 Air
      a. 选择菜单 ***Edit > Select All***
   2） 指定边界为 Perfect H
      a. 选择菜单 ***HFSS > Boundaries > Assign > Perfect H***
      b. 在 **Perfect H** 边界窗口
         - 输入名字 **Open**
         - 单击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

五）设置默认材质

1. 具体操作步骤：
   1) 在三维模型材质工具栏，选择 **Select**
   2) 在 **Select Definition** 窗口：
      a. 在 Search by Name 区输入 Pec
      b. 单击 OK 按钮



F.9.1.10

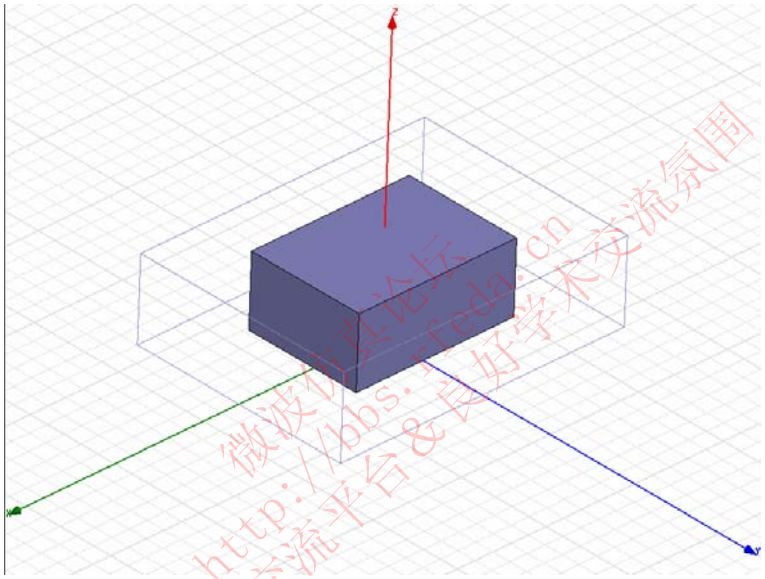
六）创建散热片

1. 创建散热片

1) 选择菜单 Draw > Box
2) 使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
   X:-44.45, Y:-31.75, Z:6.0, 按 Enter 键结束
3) 使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
   dX:88.9, dY:63.5, dZ:38.1, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 Attribute 属性页
   2) 在 Name 栏输入：Sink
   3) 单击 OK 按钮

3. 设置最佳观看：
   1）选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D



F.9.1.11

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

七）创建偏移坐标系

1. 创建坐标系
   1）选择菜单 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Offset***
   2）在坐标输入区输入
      X:-44.45, Y:0.0, Z:6.0, 按 Enter 键结束

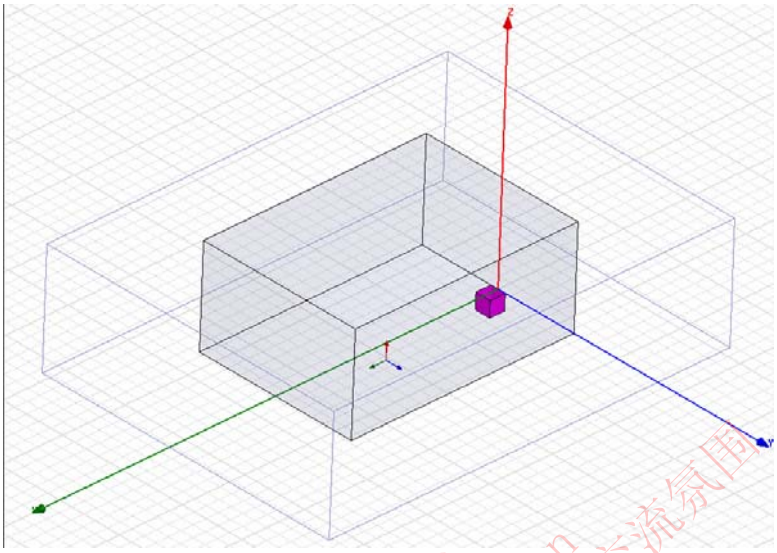
八）创建接地柱 1

1. 创建接地柱 1
   1）选择菜单 ***Draw > Box***
   2）使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
      X:0.0, Y:-3.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   3）使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
      dX:6.0, dY:6.0, dZ:-6.0, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 Attribute 属性页

2) 在 Name 栏输入：Ground_Pin
3) 单击 OK 按钮

3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 View > Fit All > Active View 或使用快捷键 Ctrl+D

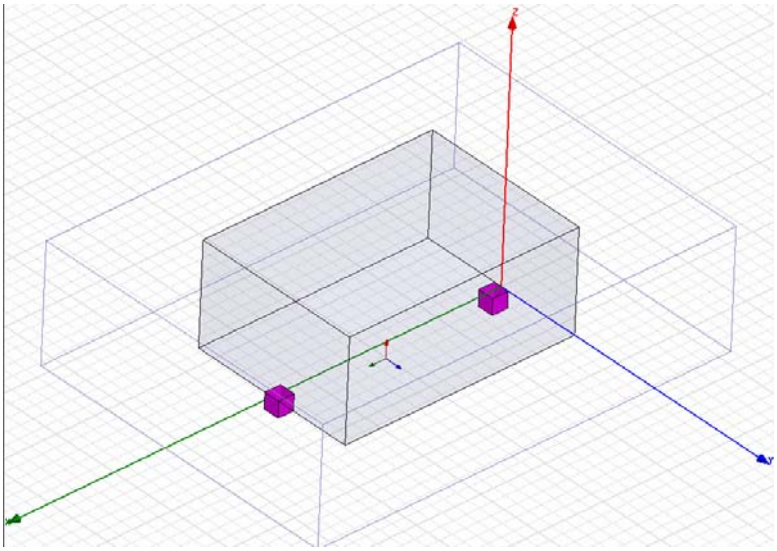


F.9.1.12

九）创建接地柱 2

1. 选择物体 **Ground_Pin**:
   1) 选择菜单 ***Edit > Select >By Name***
   2) 在选择物体对话框中，
      a) 选择物体名字：**Ground_Pin**
      b) 单击 **OK** 按钮
2. 创建接地柱 2：
   1) 选择菜单 Edit > Duplicate > Along Line.
   2) 第一个点：X: 6.0, Y: 0.0, Z: 0.0 输入 Enter 键
   3) 第二个点：dX: 82.9, dY: 0.0, dZ: 0.0 输入 Enter 键
   4) 输入总数：2
   5) 单击 OK 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波电子频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.1.13

十）设置工作坐标系

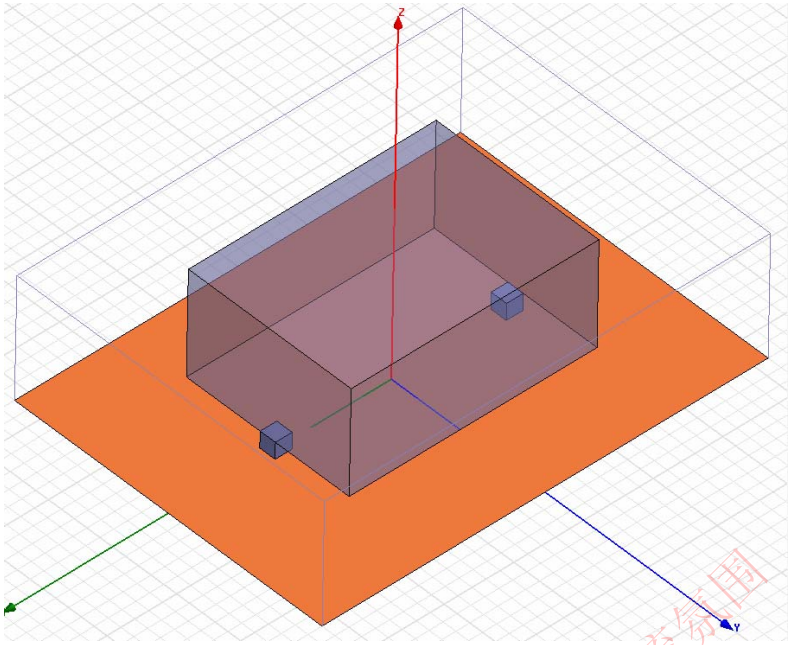
1. 具体操作步骤：
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***
   2) 在选择坐标系窗口，
      a) 从列表里选择坐标系：**Global**
      b) 单击 **Select** 按钮

十一）创建地

1. 创建地
   1) 选择菜单 ***Draw > Rectangle***
   2) 使用坐标输入区，输入长方体形置坐标
      X:-80.0, Y:-60.0, Z:0.0，按 Enter 键结束
   3) 使用坐标输入区，输入长方形的长、宽、高
      dX:160.0, dY:120.0, dZ:0.0，按 Enter 键结束
2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Ground**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D
4. 指定地面边界为 **Perfect E**
   1) 选择 **ground**
      a. 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
      b. 在选择物体对话框中，
      - 选择物体名字：**Ground**
      - 单击 **OK** 按钮
   2) 指定边界 **Perfect E**
      a. 选择菜单 HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E
      b. 在 Perfect E 边界窗口

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

- 输入名字：PerfE_Ground
- 单击 OK 按钮



F.9.1.14

五、网格操作

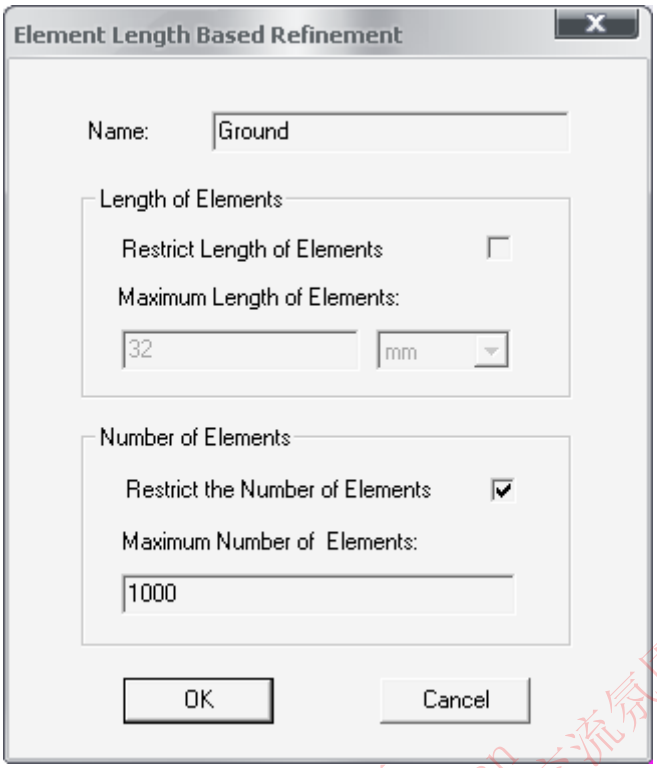
一）选择物体：

1. 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
2. 在选择物体对话框中，
   1) 选择物体名字：**Ground**
   2) 单击 **OK** 按钮

二）指定网格操作：

3. 选择菜单 ***HFSS > Mesh Operations > Assign > On Selection > Length Based***
4. 在网格精度对话框中
   1) 名称：**Ground**
   2) 勾选“**Restrict Number of Elements**”
   3) 不选“**Restrict Length of Elements**”
   4) 最大数：**1000**
   5) 单击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.1.15

六、分析设置

一）创建一个分析设置

1. 具体操作步骤：

1) 选择菜单 ***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***

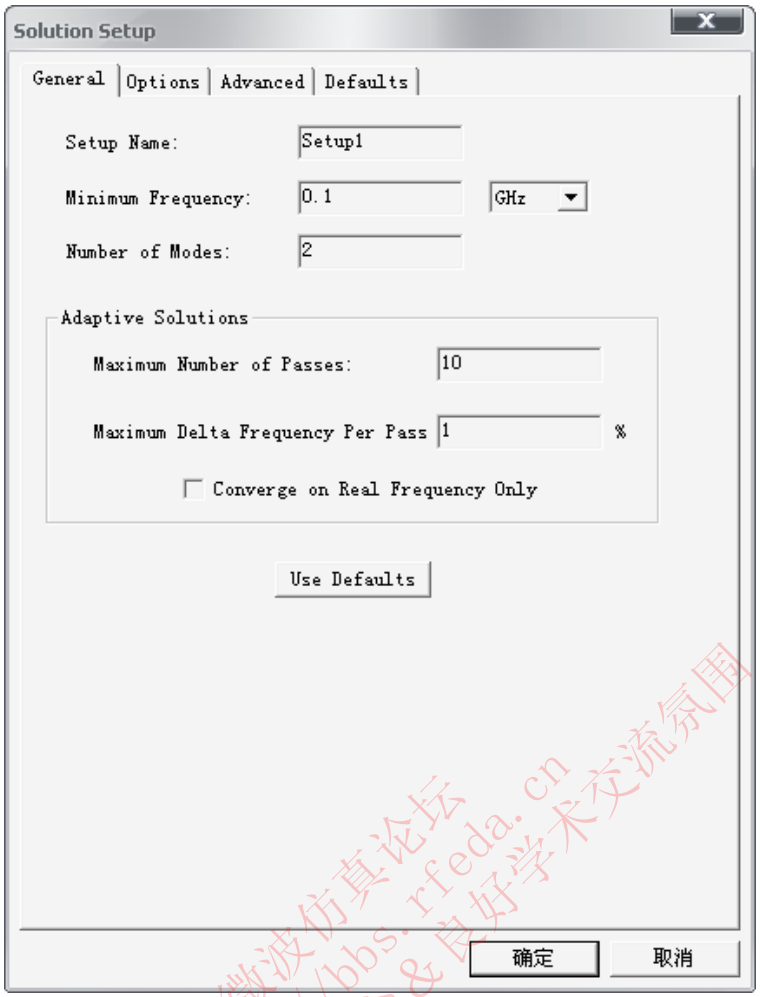
2) 在解决方案设置窗体中：

a. 单击 **General** 属性页：

- 最小频率：**0.1GHz**
- 模式数目：**2**
- 最大步数：**10**
- 频率每步最大变化：**1%**

b. 单击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.1.16

七、保存工程

一）具体操作步骤：

1. 在 HFSS 窗口，选择菜单 ***File > Save As***.
2. 在 **Save As** 对话框中，输入文件名：**hfss_heat_sink**
3. 单击 **Save** 按钮

八、分析

一）确认模型

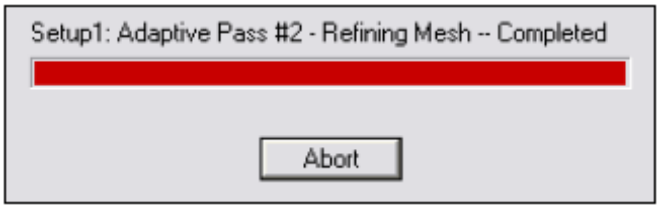
1. 具体操作步骤：
   1) 选择菜单 ***HFSS > Validation Check***
   2) 单击 **Close** 按钮

   注：要查看错误和警告信息，使用信息管理器。本例中有边界重合的警告，忽略。

二）执行仿真求解：

1. 选择菜单 ***HFSS > Analyze All***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.1.17

三）计算数据

1. 查看计算后的数据：

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

a. 查看 **Profile**（概况）：

➢ 单击 **Profile** 属性页

b. 查看 **Convergence**（收敛性）：

➢ 单击 **Convergence** 属性页

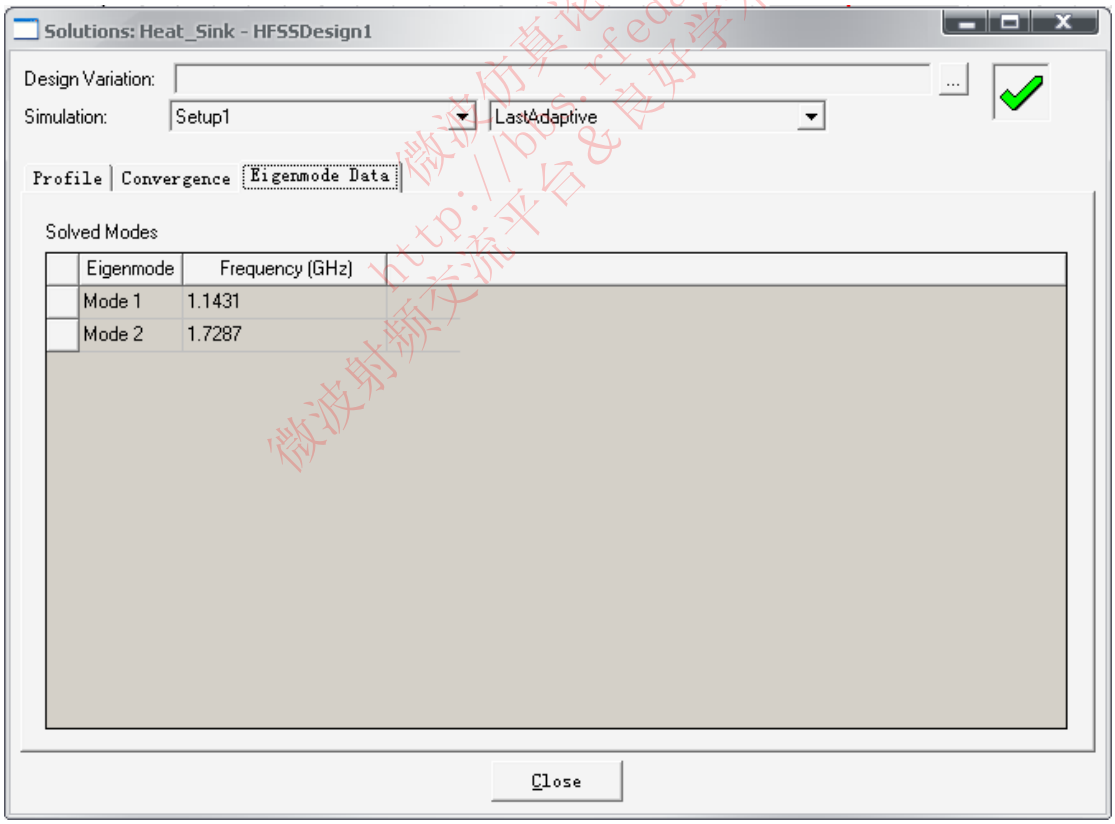
注：收敛性的查看方式默认为表格（**Table**），选择绘图（**Plot**）选项可以通过图形方式查看收敛性数据。

c. 查看本征模数据：

➢ 单击 **Eigenmode Data** 属性页

注：要查看本征模的实时更新数据，选择 **Simulation：Setup1，LastAdapitive**

➢ 单击 **Close** 按钮



F.9.1.18

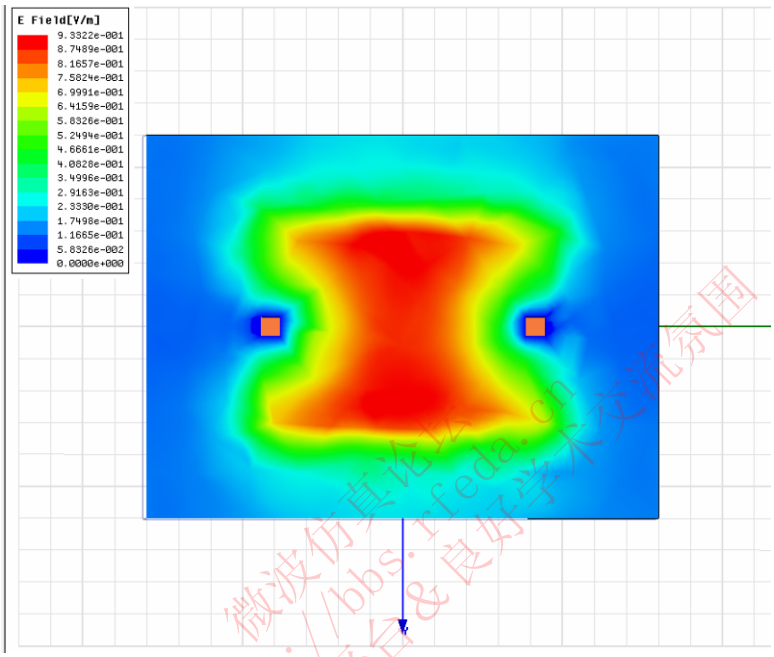
四）场透明图

1. 创建场透明图

1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2) 在选择物体对话框中，
   a. 选择物体名字：**Ground**
   b. 单击 **OK** 按钮
3) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E***
4) 在创建场分布图窗体中
   a. 设置 **Solution：Setup1：LastAdaptive**
   b. **Quantity：Mag_E**
   c. **In Volume:All**
   d. 单击 **Done** 按钮结束



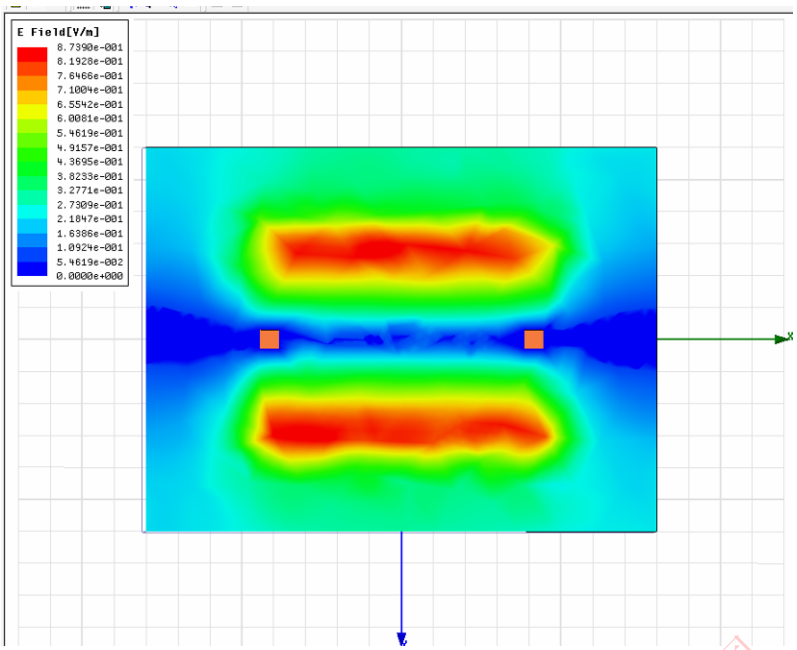
F.9.1.19 模式 1：电场

2. 编辑源

激励模式 2：

1) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Edit Sources***
2) 在编辑源（**Edit Source**）窗体
   a. 设置 **Source：EigenMode_1**
      - 设置 **Scaling Factor：0**
      - **Offset Phase：0**
   b. **Source：EigenMode_2**
      - 设置 **Scaling Factor：1**
      - **Offset Phase：0**
   c. 单击 **OK** 按钮结束

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



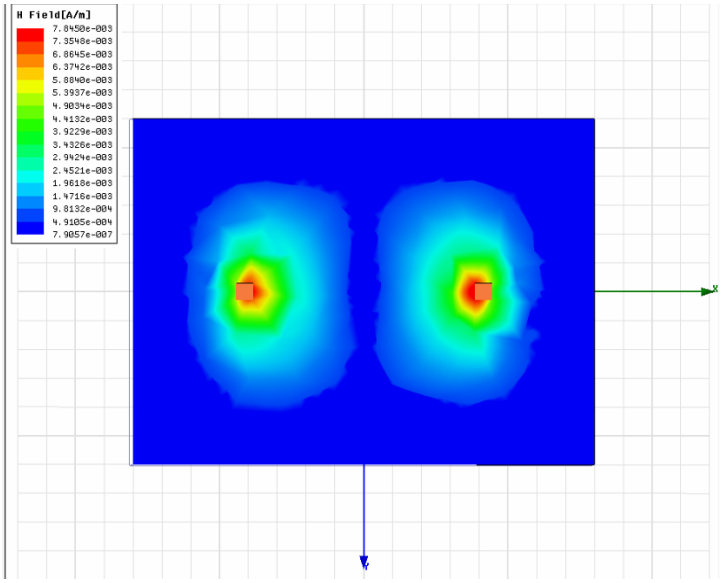
F.9.1.20 模式 2：电场

3. 创建场透明图
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 在选择物体对话框中，
      a. 选择物体名字：**Ground**
      b. 单击 **OK** 按钮
   3) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Fields > H > Mag_H***
   4) 在创建场分布图窗体中
      a. 设置 **Solution：Setup1：LastAdaptive**
      b. **Quantity：Mag_H**
      c. **In Volume:All**
      d. 单击 **Done** 按钮结束

4. 编辑源

激励模式 1：
   1) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Edit Sources***
   2) 在编辑源（**Edit Source**）窗体
      a. 设置 **Source：EigenMode_1**
         - 设置 **Scaling Factor：1**
         - **Offset Phase：90**
      b. **Source：EigenMode_2**
         - 设置 **Scaling Factor：0**
         - **Offset Phase：0**
      c. 单击 OK 按钮结束

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F.9.1.21 模式 1：磁场

5. 编辑源

激励模式 2：

1) 选择菜单 ***HFSS > Fields > Edit Sources***

2) 在编辑源（**Edit Source**）窗体

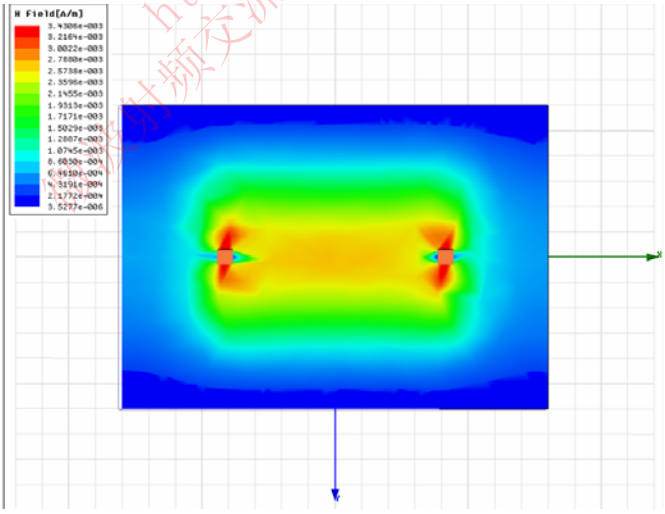
a. 设置 **Source：EigenMode_1**

- 设置 **Scaling Factor：0**
- **Offset Phase：0**

b. **Source：EigenMode_2**

- 设置 **Scaling Factor：1**
- **Offset Phase：90**

c. 单击 **OK** 按钮结束



F.9.1.22 模式 2：磁场

九、退出 HFSS

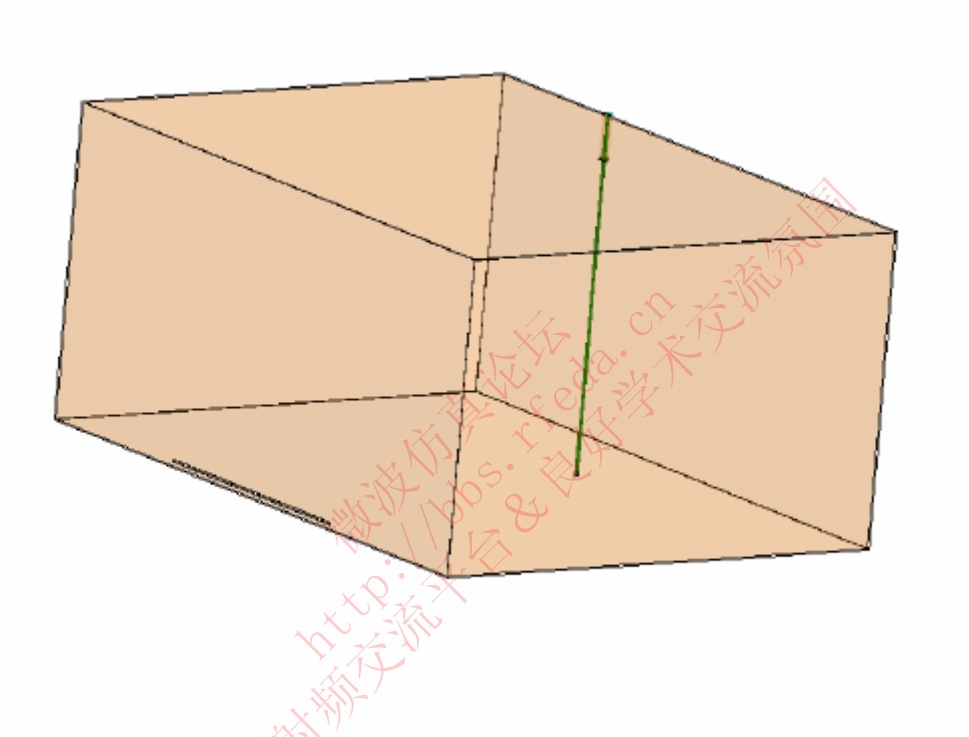
一）具体操作步骤：

1. 选择菜单 ***File > Exit***

1) 如果有提示，保存改变。

第二节 屏蔽体

- **这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析屏蔽体。**
- 在高速数字设计中使用的屏蔽盒可能会因为屏蔽盒上开的孔缝，其屏蔽效能下降。因此，理解能量耦合机制是十分必要的。



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

一、Ansoft HFSS 设计环境

下面使用 HFSS 环境的特点来创建这个屏蔽体的模型：

一）三维几何模型

- 基本模型：长方体，长方形，圆柱体（**Primitives：Box, Rectangle, Cylinder**）

二）边界/端口激励

- 边界（Boundaries）：Lumped RLC, Radiation （集总 RLC，辐射）

三）结果

- 报告：S-参数（Reports: S-Parameters）
- 场：电场（Fields: E- Field）

四）参考文章

- EMI from Shielding Enclosures—FDTD Modeling and Measurements, Min Li, Electromagnetic Compatibility Laboratory, University of Missouri-Rolla March 1999

二、开始

一）运行 Ansoft HFSS

要运行 **HFSS**，在 **Windows** 中点开始 > 程序（start > programs），然后选择 **Ansoft HFSS 10** 程序组，单击 **HFSS 10**.

二）设置工具选项

1. 具体操作步骤：

注：为了按下面的步骤完成这个例子，确认对工具选项作了下面的设定。

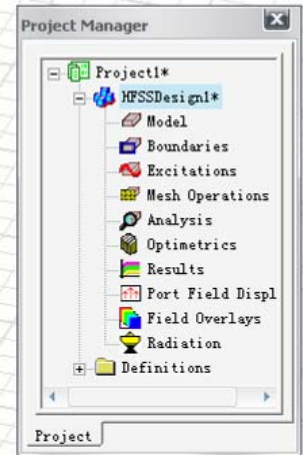
1) 选择菜单 ***Tools > Options > HFSS Options***
2) 在 **HFSS Options** 窗口：
   a) 单击 **General** 属性页
      - 勾选“创建新边界时使用向导输入数据”.（**Use Wizards for data entry when creating new boundaries**）
      - 勾选“随几何模型一起复制边界”.（**Duplicate boundaries with geometry**）
   b) 单击 OK 按钮
3) 选择菜单 ***Tool > Options > 3D Modeler Options***
4) 在 **3D Modeler Options** 窗口：
   a. 单击 **Operation** 属性页
      - 勾选“自动闭合多边线”（**Automatically cover closed polylines**）。
   b. 单击 Drawing 属性页
      - 勾选“编辑新几何体的属性”（**Edit property of new primitives**）。也就是画完一个形状或物体，会自动弹出它的属性框让你修改。
   c. 单击 **OK** 按钮

三）新建一个工程

具体操作步骤：

1. 在 HFSS 窗口，单击标准工具栏的 ，或者选择菜单项 ***File > New***.
2. 从 **Project** 菜单，选择 **Insert HFSS Design**。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛 良好学术交流氛围

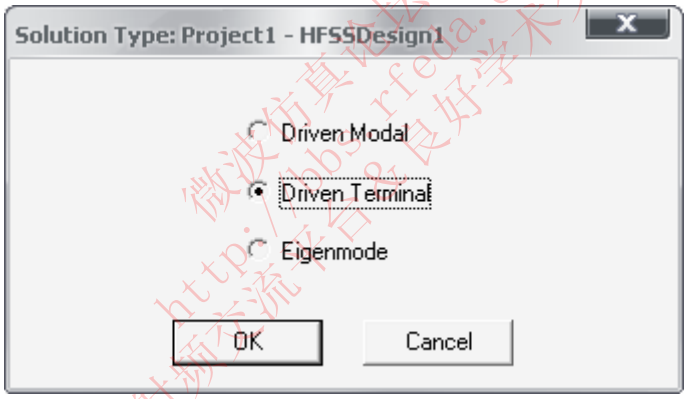


F.9.2.1

四）设置解决方案类型

体操作步骤：

1. 选择菜单 ***HFSS > Solution Type***
2. 在解决方案类型设置窗口：
   a. 选中 **Driven Terminal**
   b. 单击 **OK** 按钮

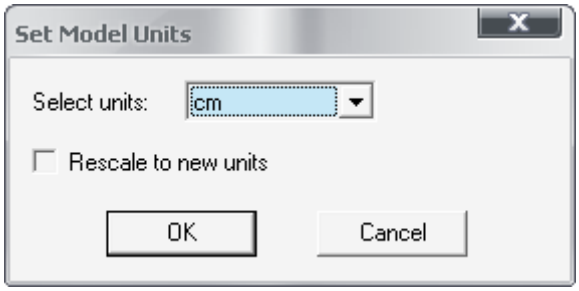


F.9.2.2

五、创建三维模型

一）设置模型单位

1. 具体操作步骤：
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Units***
   2) 在设置模型单位（**Set Model Units**）窗口
      a. 选择单位：**cm**
      b. 单击 **OK** 按钮



F.9.2.3

二）设置默认材质

1. 具体操作步骤：

1）在三维模型材质工具栏上，选择 **Vacuum**

F.9.2.4

三）创建一个内部空气体

1. 创建空气长方体：

1) 选择菜单 ***Draw* > *Box***

2) 使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束

3) 使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
dX:22.0, dY:14.0, dZ:30.0, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：

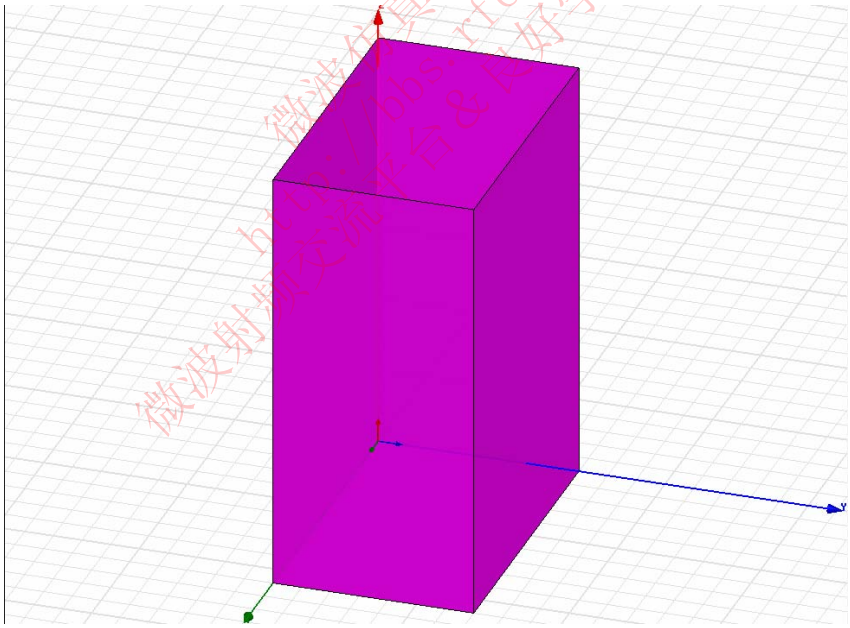
1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页

2) 在 **Name** 栏输入：**Air_Inside**

3) 单击 **OK** 按钮

3. 设置最佳观看：

1) 选择菜单 ***View* > *Fit All* > *Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D



F.9.2.5

四）创建缝隙（**Slot**）模型

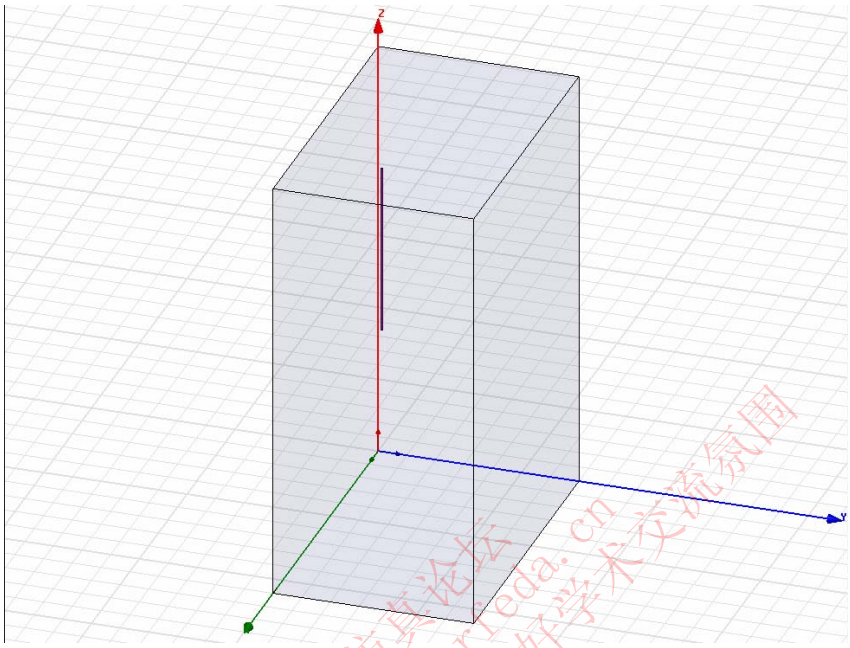
1. 创建缝隙

1) 选择菜单 ***Draw* > *Box***

2) 使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
X: 0.0, Y: 0.2, Z:9.0, 按 Enter 键结束

3) 使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
dX:-0.05, dY:0.1, dZ:12.0, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Slot**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1） 选择菜单 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

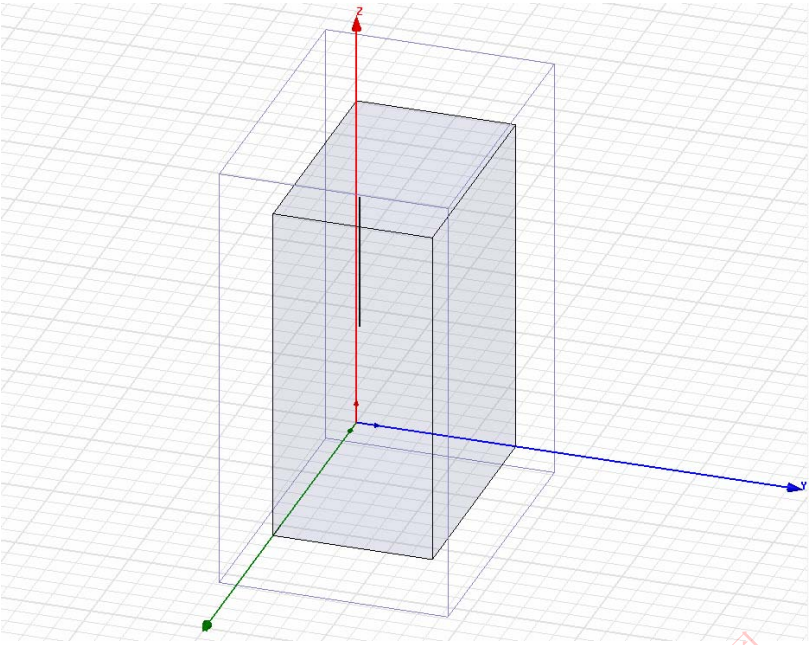


F.9.2.6

五）创建一个空气体

1. 创建空气长方体：
   1) 选择菜单 ***Draw*** > ***Box***
   2) 使用坐标输入区，输入长方体位置坐标
      X: -4.05, Y: -4.05, Z:-4.05，按 Enter 键结束
   3) 使用坐标输入区，输入长方体的长、宽、高
      dX:28.1, dY:20.1, dZ:38.1，按 Enter 键结束
2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
      a. 在 Name 栏输入：**Air**
      b. 勾选“显示框架”（**Display Wireframe**）
      c. 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1）选择菜单 ***View*** > ***Fit All*** > ***Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.2.7

六）创建偏移坐标系

1. 创建坐标系
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Offset***
   2) 在坐标输入区输入
      X:17.0, Y:14.0, Z:15.0, 按 Enter 键结束

七）创建同轴电介质

1. 创建同轴电介质：
   1) 在绘图平面工具栏，改变激活平面为 XZ.
   2) 选择菜单 ***Draw > Cylinder***
      a. 使用坐标输入区，输入圆柱中心坐标
         X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
      b. 使用坐标输入区，输入圆柱半径
         dX:0.16, dY:0.0, dZ:0.0, 按 Enter 键结束
      c. 使用坐标输入区，输入圆柱高度
         dX:0.0, dY:2.05, dZ:0.0, 按 Enter 键结束
2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Coax_Diel**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

八）对象组合

1. 组合对象
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 在选择对象对话框（**Select Object**）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

a. 选择对象名字：**Air_Inside, Coax_Diel, Slot**

b. 单击 **OK** 按钮

3) 选择菜单 ***3D Modeler > Bollean > Unite***

2. 设置最佳观看：

1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

九）设置默认材质

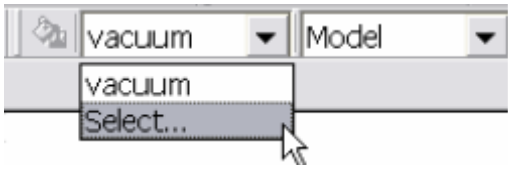
1. 具体操作步骤：

1) 在三维模型材质工具栏，选择 Select

2) 在 Select Definition 窗口：

a. 在 Search by Name 区输入 Pec

b. 单击 OK 按钮



F.9.2.8

十）创建同轴屏蔽

1. 创建同轴屏蔽罩：

1) 在绘图平面工具栏，改变激活平面为 XZ.

2) 选择菜单 ***Draw > Cylinder***

3) 使用坐标输入区，输入圆柱中心坐标
X: 0.0, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束

4) 使用坐标输入区，输入圆柱半径
dX:0.21, dY:0.0, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

5) 使用坐标输入区，输入圆柱高度
dX:0.0, dY:2.05, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：

1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页

2) 在 **Name** 栏输入：**Coax_Shield**

3) 单击 **OK** 按钮

3. 设置最佳观看：

1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

十一）创建同轴芯

1. 创建同轴芯：

1) 在绘图平面工具栏，改变激活平面为 XZ.

2) 选择菜单 ***Draw > Cylinder***

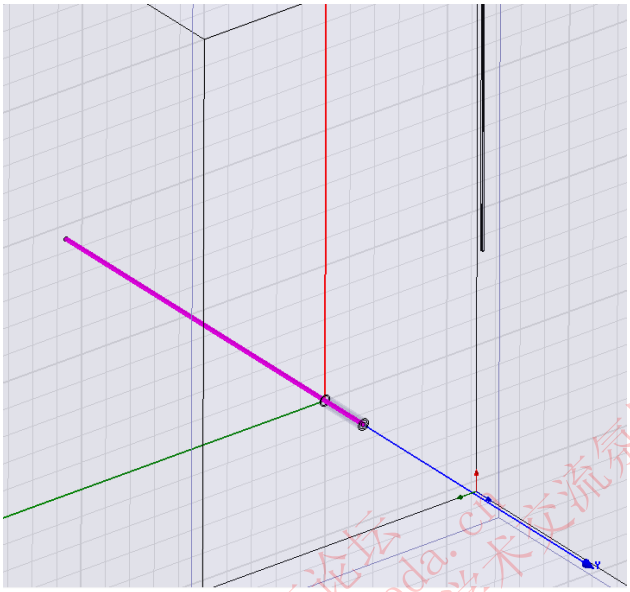
3) 使用坐标输入区，输入圆柱中心坐标
X: 0.0, Y: 2.05, Z:0.0, 按 Enter 键结束

4) 使用坐标输入区，输入圆柱半径
dX:0.08, dY:0.0, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

5) 使用坐标输入区，输入圆柱高度
dX:0.0, dY:-15.89, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Coax_Pin**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D



F.9.2.9

十二）创建端口

1. 建一个圆来表示端口
   1) 在绘图平面工具栏，改变激活平面为 XZ.
   2) 选择菜单 ***Draw > Circle***
   3) 使用坐标输入区，输入圆中心坐标
      X: 0.0, Y: 2.05, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   4) 使用坐标输入区，输入圆半径
      dX:0.16, dY:0.0, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

2.更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**p1**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 选择对象 p1
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 在选择对象对话框
      a. 选择对象名字：**p1**
      b. 单击 **OK** 按钮

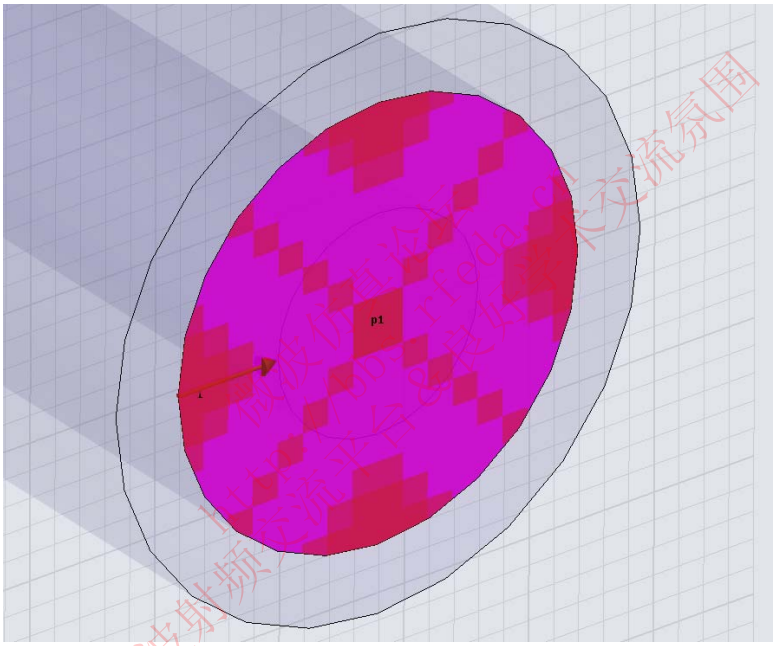
十三）指定激励端口

1. 选择菜单 ***HFSS > Excitations > Assign > Wave Port***
2. 在对话框 **Wave Port: General**
   1) 设置名字 **Name:p1**

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2) 单击下一步（**Next**）按钮

3. 在对话框 **Wave Port: Terminals**
   1) 设置终端数 **Number of Terminals:1**
   2) 在 T1 项中，点击 **Undefined** 后选择 **New Line**
   3) 在坐标输入区输入矢量位置
      X: 0.16, Y: 2.05, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   4) 在坐标输入区输入矢量
      X: -0.08, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   5) 单击下一步（**Next**）按钮
4. 在对话框 **Wave Port: Differential Pairs**
   1) 单击下一步（**Next**）按钮
5. 在对话框 **Wave Port: Post Processing**
   1) 设置阻抗 **Reference Impedance: 50**
6. 单击完成（**Finish**）按钮



F.9.2.10

十四）创建偏移坐标系

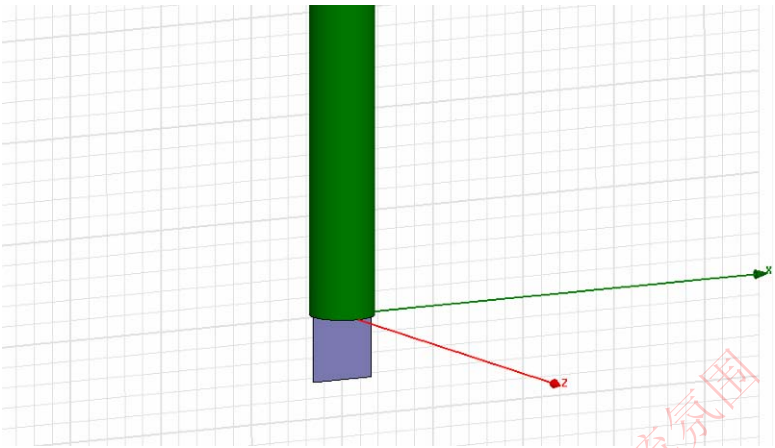
1. 创建坐标系 CS
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Offset***
   2) 在坐标输入区输入
      X: 0.0, Y: -13.84, Z:0.0, 按 Enter 键结束

十五）创建电阻

1. 操作步骤：
   1) 在绘图平面工具栏，改变激活平面为 XY.
   2) 选择菜单 ***Draw > Rectangle***
   3) 使用坐标输入区，输入长方形位置
      X: -0.08, Y: 0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   4) 使用坐标输入区，输入长方形大小

dX:0.16, dY:-0.16, dZ:0.0, 按 Enter 键结束

2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Resistor**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D



F.9.2.11

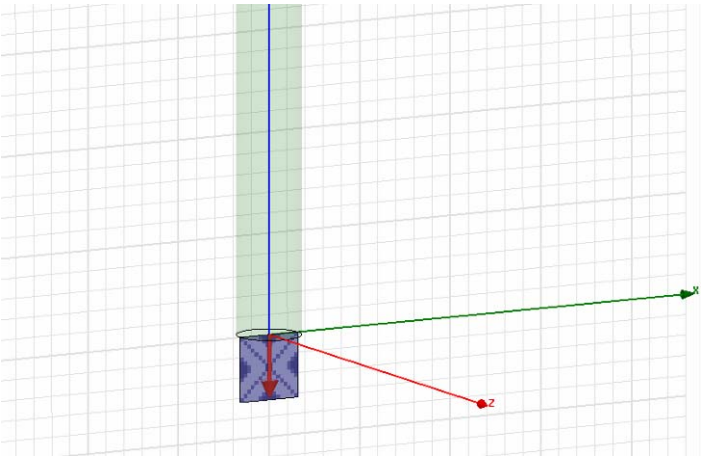
十六）指定集总 RLC 边界 Resistor

1. 选择对象
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 在选择对象对话框，
      a. 选择对象名字：**Resistor**
      b. 单击 **OK** 按钮

十七）设定边界

1. 选择菜单 ***HFSS > Boundaries > Assign > Lumped RLC***
2. 在集总 RLC 边界设（**Lumped RLC Boundary**）置窗口中
   1) 设置 **Name**：**Resistor**
   2) 电阻 **Resistance**：**47ohm**（欧姆）
   3) 电流路径 **Current Flow Line**：**New Line**
   4) 输入点 1：X:0.0, Y:0.0, Z:0.0, 按 Enter 键结束
   5) 输入点 2：X:0.0, Y:-0.16, Z:0.0, 按 Enter 键结束
3. 单击 OK 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.2.12

十八）设置工作坐标系

1.操作步骤：

1) 选择菜择 ***3D Modeler > Coordinate System > Set Working CS***
2) 在选择坐标系窗口，
   a. 从列表中选择 CS：**Global**
   b. 单击 **Select** 按钮

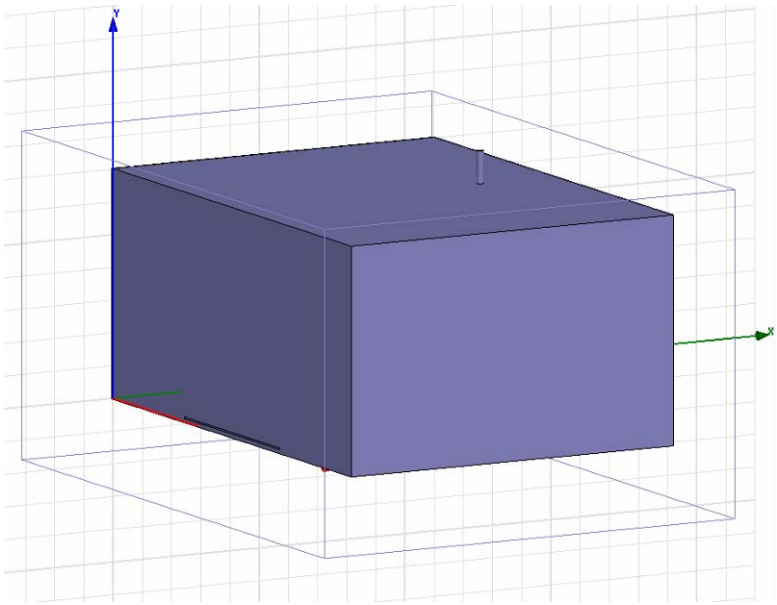
十九）创建例子

1. 操作步骤：
   1) 选择菜单 ***Draw > Box***
   2) 使用坐标输入区，输入长方体位置
      X: -0.05, Y: -0.05, Z: -0.05，按 Enter 键结束
   3) 使用坐标输入区，输入长方体大小
      dX:22.1, dY:14.1, dZ:30.1，按 Enter 键结束
2. 更改名字：
   1) 从属性窗口选择 **Attribute** 属性页
   2) 在 **Name** 栏输入：**Case**
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

二十）对象组合

1. 组合对象
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 在选择对象对话框（**Select Object**）
      a. 选择对象名字：**Case, Coax_Shield**
      b. 单击 **OK** 按钮
   3) 选择菜单 ***3D Modeler > Bollean > Unite***
2. 设置最佳观看：
   1) 选择菜单 ***View > Fit All > Active View*** 或使用快捷键 Ctrl+D

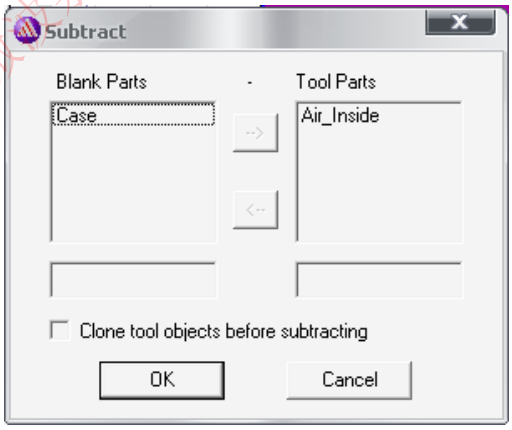
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流服务 & 良好学术交流氛围



F.9.2.13

二十一）完成例子

1. 选择对象
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***
   2) 选择对象名字：**Case, Air_Inside**
   3) 单击 **OK** 按钮
2. 完成例子
   1) 选择菜单 ***3D Modeler > Boolean > Subtract***
   2) 在相减（Subtract）窗口
      a. 设置 **Blank Parts：Case**
      b. **Tool Parts：Air_Inside** （被减对象）
      c. 不勾选“相减前复制对象”（**Clone tool objects before subtract**）
      d. 单击 **OK** 按钮



F.9.2.14

二十二）创建辐射边界

1. 操作步骤：
   1) 选择菜单 ***Edit > Select > By Name***

2) 选择对象名字： **Air**
3) 单击 **OK** 按钮
4) 选择菜单 ***HFSS > Boundaries > Assign > Radiation***
5) 辐射边界对话窗口
   a. 输入名字 **Name: Rad1**
   b. 单击 **OK** 按钮

六、分析设置

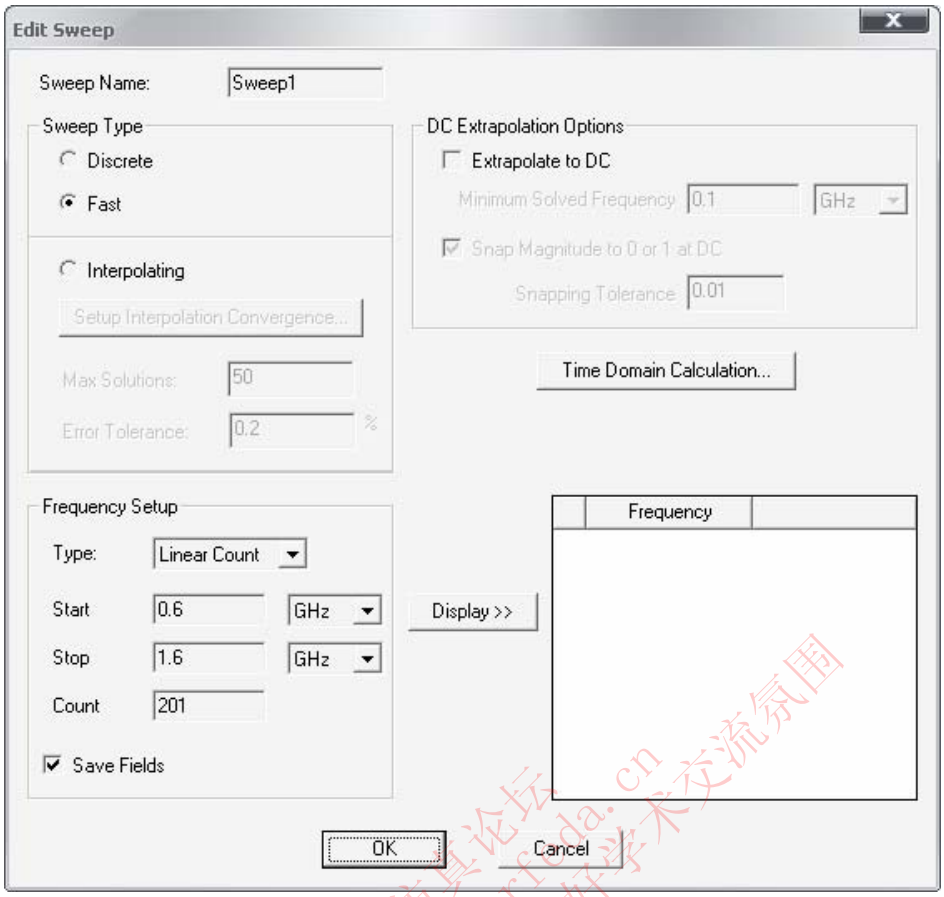
一）创建分析设置

1. 操作步骤：
   1) 选择菜单 ***HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup***
   2) 在解决方案设置窗体中：
      a. 单击 **General** 属性页：
         - 计算频率：**1.1GHz**
         - 最大步数：**10**
         - 每步最大变化 **S**：**0.02**
      b. 单击 **OK** 按钮

二）增加频率扫描

1. 操作步骤：
   1) 选择菜单 ***HFSS > Analysis Setup > Add Sweep***
   2) 选择解决方案设置：**Setup1**
   3) 单击 **OK** 按钮
   4) 在编辑扫描（**Edit Sweep**）窗口：
      a. 扫描类型 **Sweep Type: Fast**
      b. 设置频率类型 **Frequency Setup Type**：**Linear Count**（线性，设定数目）
      c. **Start: 0.6GHz**（开始频率）
      d. **Stop: 1.6GHz**（结束频率）
      e. **Count: 201**（频率数目）
      f. 勾选“保存场”（**Save Fields**）
      g. 单击 **OK** 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F.9.2.15

七、保存工程

一）具体操作步骤：

1. 在 HFSS 窗口，选择菜单 ***File*** > ***Save As***.
2. 在 **Save As** 对话框中，输入文件名：**hfss_enclosure**
3. 单击 **Save** 按钮

八、分析

一）确认模型

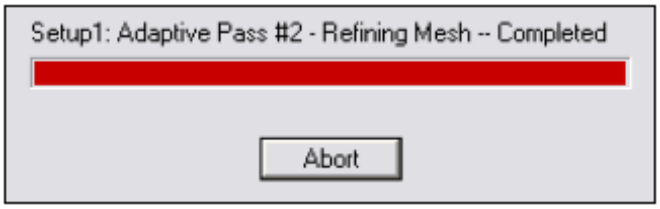
1. 具体操作步骤：
2. 选择菜单 HFSS > Validation Check
3. 单击 Close 按钮

   注：要查看错误和警告信息，使用信息管理器。

二）分析

1. 执行仿真求解：

   1) 选择菜单 HFSS > Analyze All



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

F.9.2.16

三）计算数据

1. 查看计算得到的数据：

1) 选择菜单 HFSS > Results > Solution Data

2) 查看概况（Profile）：

单击 **Profile** 属性页

3) 查看收敛性（Convergence）：

单击 **Convergence** 属性页

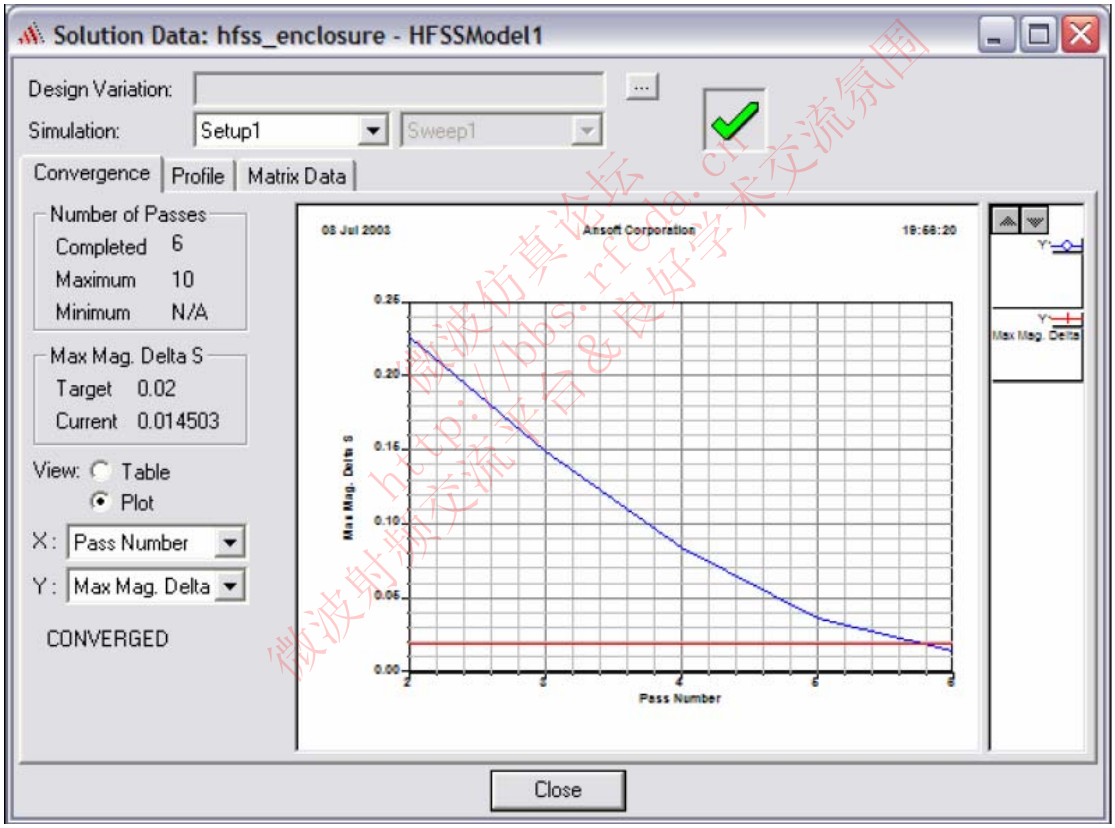
注：收敛性的查看方式默认为表格（**Table**），选择绘图（**Plot**）选项可以通过图形方式查看收敛性数据。

4) 查看本征模数据：

单击 **Eigenmode Data** 属性页

注：要查看本征模的实时更新数据，选择 **Simulation：Setup1，LastAdapitive**

5) 单击 Close 按钮



F.9.2.17

九、创建报告

一）创建终端 S 参数图表

1.操作步骤：

1) 选择菜单 HFSS > Results > Create Report

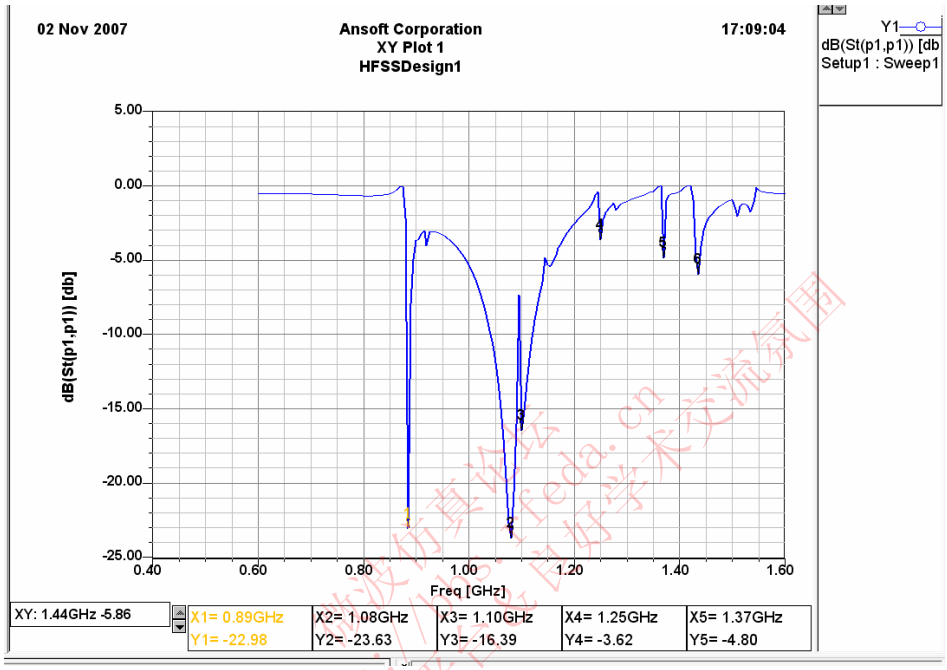
2) 在建立报告（Create Report）窗口：

a. 设置报告类型 **Report Type：Terminal S Parameters** （终端 S 参数）

b. 显示类型 **Display Type：Rectangular** （直角）

c. 单击 **OK** 按钮

3) 在迹线（Traces）窗口：
   a. 设置解算方案 Solution：Setup1：Sweep1
   b. 范围 Domain：Sweep
   c. 单击 Y 属性页
   d. 设置类别 Category：Terminal S Parameter
   e. Quantity：St（p1，p1），
   f. Function：dB
   g. 单击 Add Trace 按钮
   h. 单击 Done 按钮

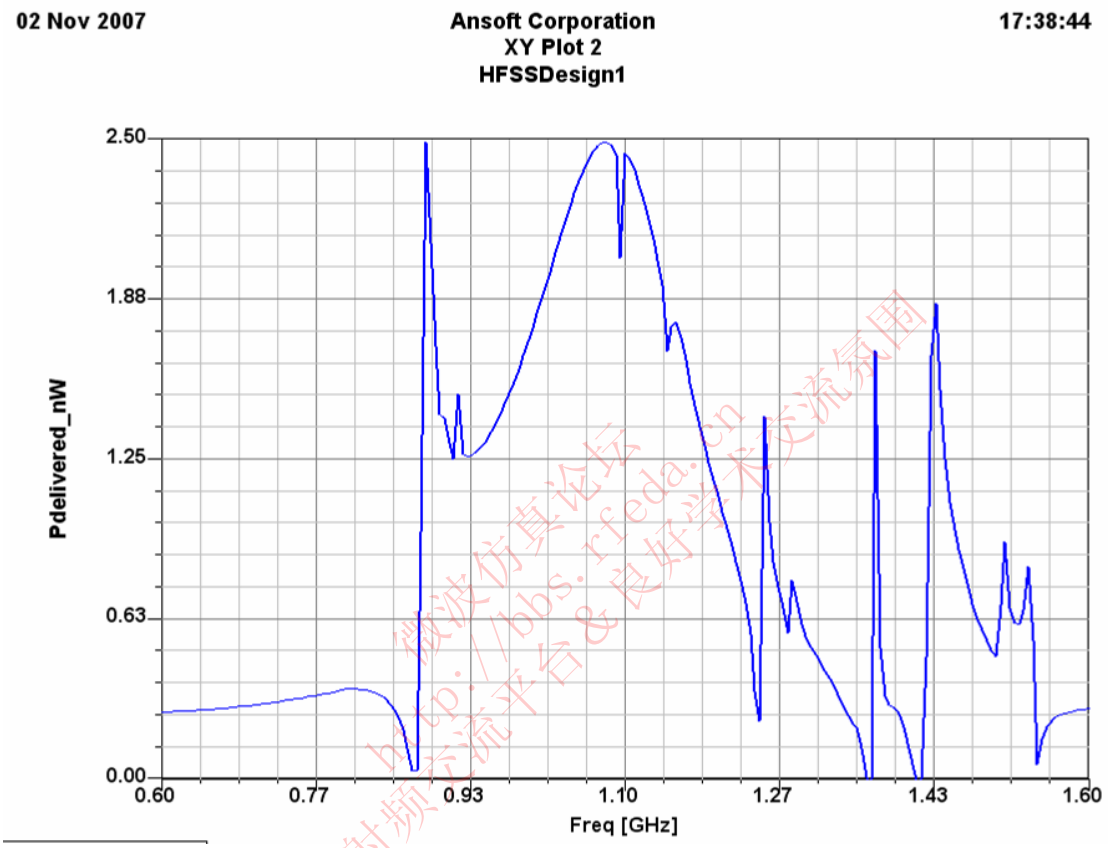


F.9.2.18（与原版结果略有差异）

二）自定义方程 - 输出变量

1. 选择菜单 ***HFSS > Results > Create Report***
2. 在建立报告（**Create Report**）窗口：
   1) 设置报告类型 **Report Type：Terminal S Parameters** （终端 S 参数）
   2) 显示类型 **Display Type：Rectangular** （直角）
   3) 单击 **OK** 按钮
3. 在迹线（**Traces**）窗口：
   1) 单击输出变量 **Output Variables** 按钮
   2) 在输出变量 **Output Variables** 对话框：
      a. 设置名字 **Name：Pdelivered_nW**
      b. 表达式 **Expression**：
         - 输入：**2.5*（1-**
         - 设置类别 **Category：Terminal S Parameter**
         - **Quantity：St（p1，p1），**
         - **Function：mag**
      c. 单击 **Insert Quantity into Expression** 按钮
   3) 单击 **Add Trace** 按钮
   4) 单击 **Done** 按钮

4. 设置解算方案 **Solution：Setup1：Sweep1**
5. 范围 **Domain：Sweep**
6. 单击 Y 属性页
7. 设置类别 **Category：Output Variables**
8. **Quantity：Pdelivered_nW**
9. **Function：<none>**
10. 单击 **Add Trace** 按钮
11. 单击 **Done** 按钮



F.9.2.19

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

三）场覆盖图

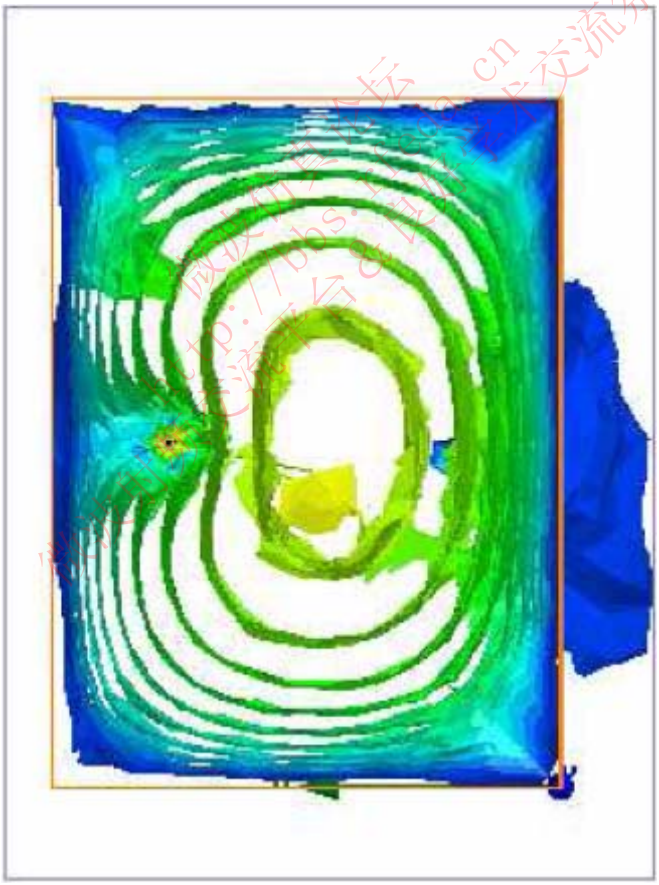
1. 操作步骤：
   1) 选择一个对象来绘制场
   2) 选择菜单 Edit > Select > By Name
   3) 在选择对象（Select Object）对话框，
      a. 选择对象名字：Air
      b. 单击 OK 按钮
      注：你也可以从模型树中选择对象
   4) 选择菜单 HFSS > Fields > Fields > E > Mag_E
   5) 在创建场图（Create Field Plot）窗口：
      a. 设置解算方案（Solution）：Setup1：Sweep1
      b. 频率（Freq）：0.89GHz
      c. 参量（Quantity）：Mag_E
      d. 范围（In Volume）：All

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

e.　单击完成（Done）按钮

四）修改场图属性

1. 选择菜单 ***HFSS > Fields > Modify Plot Attributes***
2. 在选择绘图目录（Select Plot Folder）窗口：
   1) Select：E Field（选择电场）
   2) 单击 OK 按钮
3. 在电场（**E-Field**）窗口：
   1) 单击 Scale（比例）属性页
      a.　选择 Use Limits
      b.　Min：5
      c.　Max：600
      d.　Scale：Log
   2) 单击 Plot（绘图）属性页
      设置 **IsoValType**: **IsoValSurface**
   3) 单击 Apply（应用）按钮
   4) 单击 Colse（关闭）按钮



F.9.2.20

五）修改绘制场图的频率

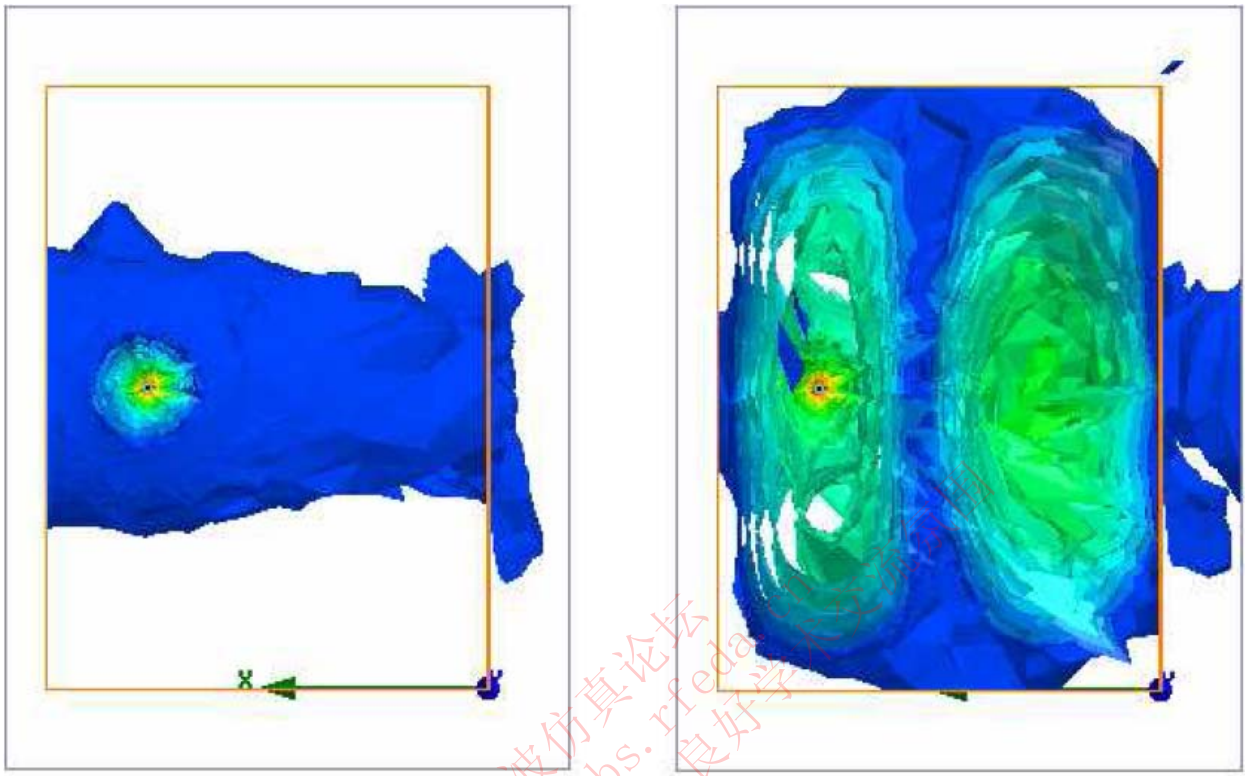
1. 选择菜单 ***HFSS > Fields > Modify Plot***
2. 在选择绘图目录（**Select Plot Folder**）窗口：
   1) Select：E Field（选择电场）

2) 单击 OK 按钮

3. 在创建场图（**Create Field Plot**）窗口：

1) 选择解算方案（Solution）：Setup1：Sweep1

2) 输入频率（Freq）：1.08GHz



F.9.2.21

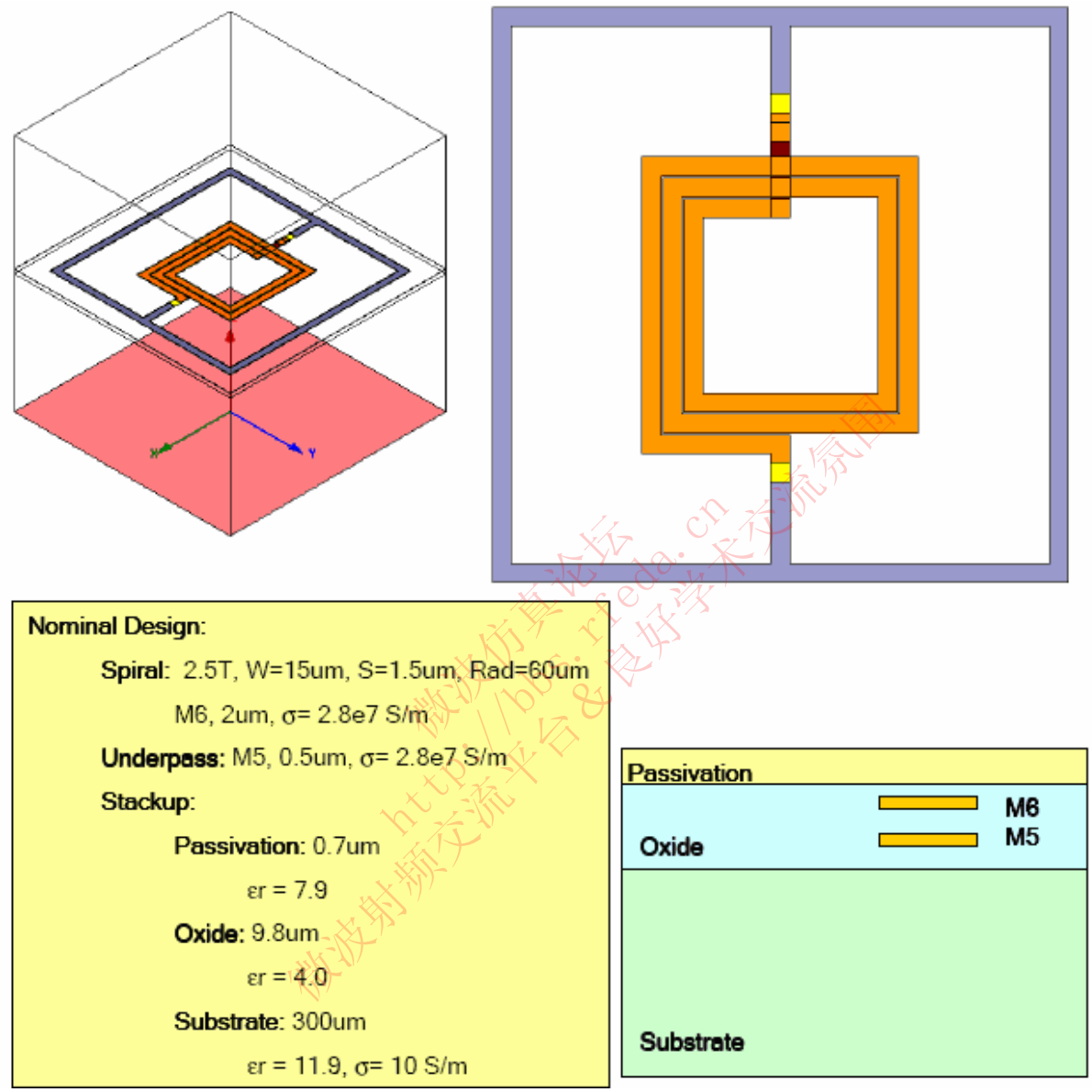
译者注：对照例子学习，一步一步操作下来，应该没有什么问题了，因为这里的步骤非常详细，而且插图非常丰富。当你熟悉了软件的操作之后，重新看这些例子，仔细想一想，作者为什么要这样建模，模型设计的依据是什么，我们还能改变什么参数获取我们感兴趣的东西。当你有所斩获的时候，请与我们共享，相互促进，共同进步！

——微波仿真论坛 ID：dfmt

第十章 On-chip 无源实例

第一节 螺旋形传感器

这个例子教你如何在 HFSS 设计环境下创建、仿真、分析一个 2.5 圈旋转的螺旋形传感器。



F.10.1.1

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一. 开始

一）启动 Ansoft HFSS

为了能够进入 Ansoft HFSS，单击 Microsoft 开始键，选择程序，选择 Ansoft > HFSS 10 的程序组，然后单击 HFSS 10.

二）设置工具选项

进行工具筛选：

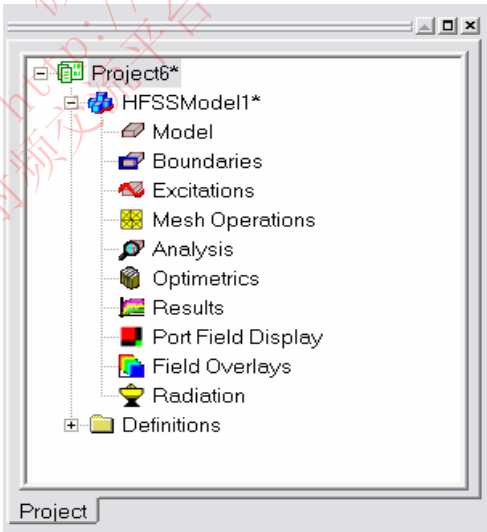
说明：为了和例子中划线的步骤相一致，应核实下面的工具选择：

1. 选择菜单栏选项*工具（**Tools**）>选项（**Options**）>HFSS 选项（**HFSS Options**）*
2. HFSS 选择窗口：
   1）单击 General 符号
      a. 创建新边界条件时使用数据输入向导：选中
      b. 边界条件随几何体一起复制：选中
   2）单击 OK 按钮
3. 选择菜单栏选项*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）单击 Operation 符号
      • 自动覆盖闭合曲线：选中
   2）单击 Drawing 符号
      • 编辑新的简单形状的属性：选中
   3）单击 OK 按钮

三）打开一个新的程序

打开一个新的程序：

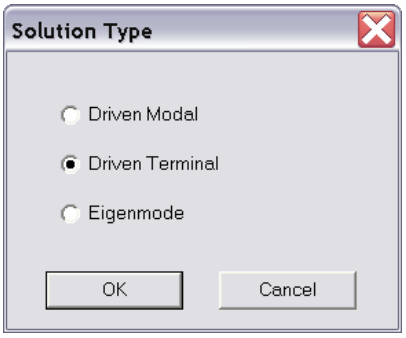
1. 在一个 Ansoft HFSS 窗口，单击标准工具栏，或者选择菜单名 File > New.
2. 从 Project 菜单上，选择 Insert HFSS Design。



F.10.1.2

四）设定解决方法类型

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 e 良好学术交流氛围



设定解决方法类型：

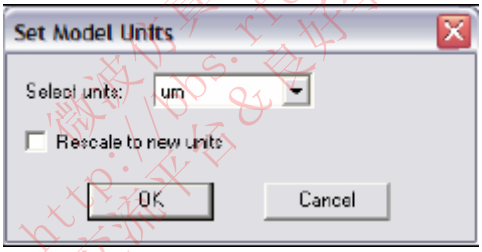
1. 选择菜单名 HFSS > Solution Type　　F.10.1.3
2. 解决方法类型窗口：
   1)选择模式驱动(Driven Terminal)
   2)单击 OK 按钮

二. 创建三维模型

一) 设置模型单位：

确定模型单位：

1. 选择菜单栏选项 *3D 模型（**3D Modeler**）> 单位（**Units**）*
2. 设置模型单位
   1)选择单位：um
   2)单击 OK 按钮

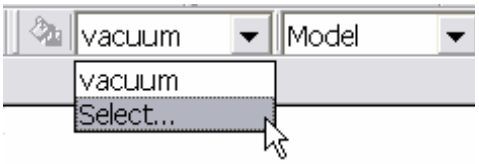


F.10.1.4

二)设置默认材料

设置默认材料：

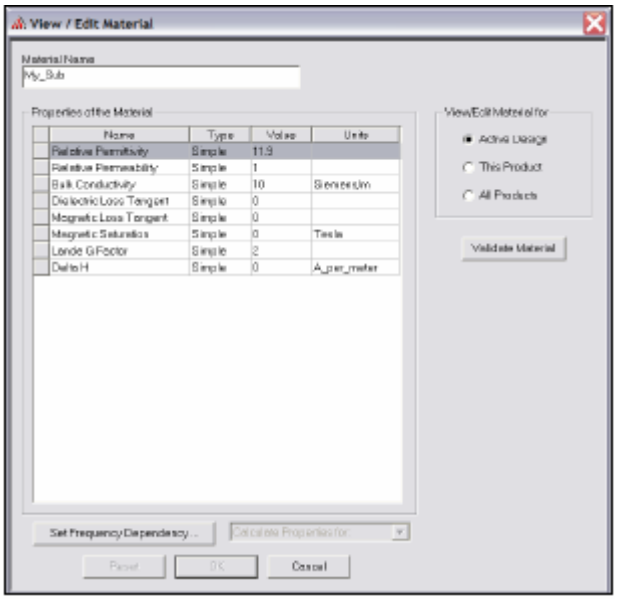
1. 使用三维模拟器材料工具栏，选择 Select



F.10.1.5

2. 选择定义窗口
   1)单击 Add Material 键
   2)视图/编辑选项窗口：
      a. Material Name 类型：My_Sub
      b. Relative Permittivity（相对介电常数）类型的值：11.9
      c. Bulk Conductivity（多数传导率）类型的值：10
      d. 单击 OK 按钮
   3)单击 OK 按钮

微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛



F.10.1.6

三)创建基底

•创造基底：

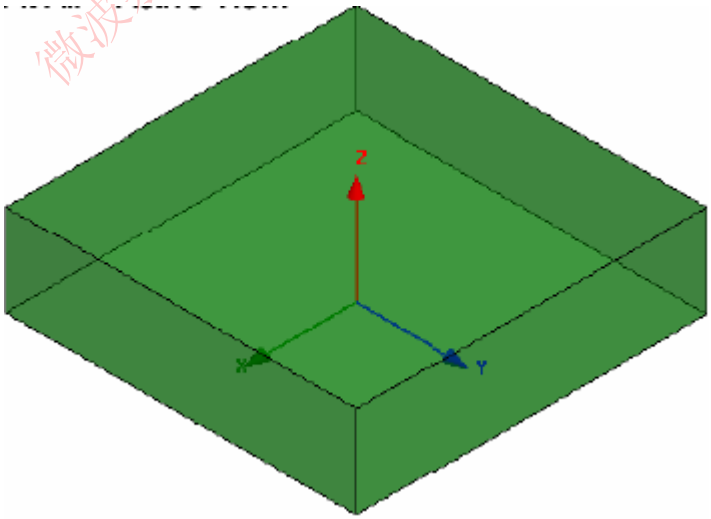
1. 选择菜单名 Draw > Box
2. 使用坐标输入区域，输入长方体位置
   - X: -270.0, Y: -270.0, Z: 0.0,按下 Enter 键
3. 使用坐标输入区域，输入长方体的相对拐角：
   - dX: 540.0, dY: 540.0, dZ: 300.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Sub
3. 单击 OK 按钮

•适合视图：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*



F.10.1.7

四)确定默认材料

•为了确定默认材料：

1. 使用三维模拟器选项工具栏，选择 Select
2. 选择精确度窗口
   1)单击 Add Material（增加材料）按钮
   2)视图/编辑选项窗口：
      a. Material Name（选项名称）类型：My_Oxide
      b. Relative Permittivity（相对介电常数）类型的值：4.0
      c. 单击 OK 按钮
   3)单击 OK 按钮

五)创建介质

•要创建基底：

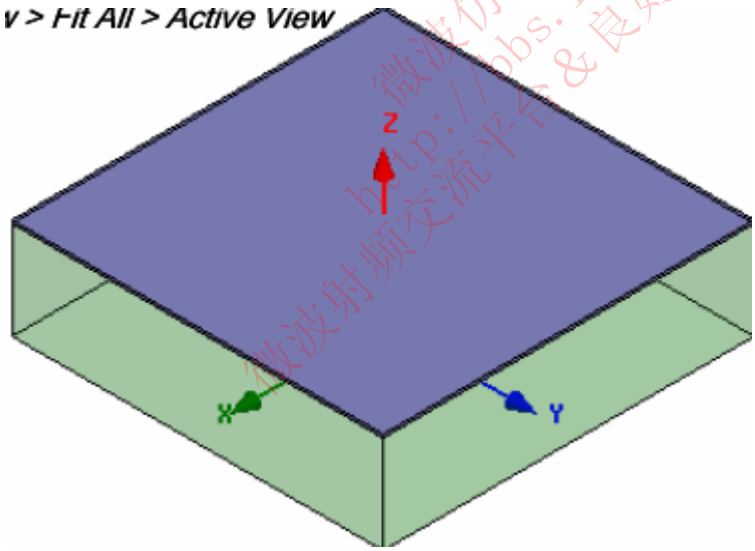
1. 选择菜单名 Draw > Box
2. 使用坐标输入区域，输入 Box 位置
   •X: -270.0, Y: -270.0, Z: 300.0,按下 Enter 键
3. 使用坐标输入区域，输入 box 的相对拐角；
   •dX: 540.0, dY: 540.0, dZ: 9.8, 按下 Enter 键

•设定名字：

1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Oxide
3. 单击 OK 按钮

•适合的视图：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）> 全屏视角（**Fit All**）> 激活视角（**Active view**）*



六)设置默认材料

•为了设置默认选项：

1. 使用三维模拟器选项工具栏，选择 Select
2. 选择定义窗口
   1)单击 Add Material（增加选项）键
   2)视图/编辑选项窗口：
      a. Material Name（选项名称）类型：My_Pass
      b. Relative Permittivity（相对介电常数）类型的值：7.9
      c. 单击 OK 按钮
3. 单击 OK 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

七)创建 **Passivation**

•要创建基地：

1. 选择菜单名 Draw > Box
2. 使用坐标输入区域，输入 Box 位置
   - X: -270.0, Y: -270.0, Z: 309.8,按下 Enter 键
3. 使用坐标输入区域，输入 box 的相对拐角；
   - dX: 540.0, dY: 540.0, dZ: 0.7, 按下 Enter 键

•设定名字：

1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Pass
3. 单击 OK 按钮

•适合的视图：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）> 全屏视角（**Fit All**）> 激活视角（**Active view**）*

八)确定默认材料

•为了确定默认材料：

1. 使用三维模拟器选项工具栏，选择 vacuum（真空）

九)创建空气

•要创建空气：

1. 选择菜单名 Draw > Box
2. 使用坐标输入区域，输入 Box 位置
   - X: -270.0, Y: -270.0, Z: 0.0,按下 Enter 键
3. 使用坐标输入区域，输入 box 的相对拐角；
   - dX: 540.0, dY: 540.0, dZ: 600, 按下 Enter 键

•设定名字：

1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Air
3. 单击 OK 按钮

•适合的视图：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）> 全屏视角（**Fit All**）> 激活视角（**Active view**）*

三. 创建辐射边界

•要选择客观 Air:

1. 选择菜单名 Edit（编辑） > Select（选择） > By Name（按名字）
2. 选择目标对话框，
   1)选择对象名：Air
   2)单击 OK 按钮

•创建一个辐射区域

1. 选择菜单名 HFSS > Boundaries （区域）> Assign （任务）> Radiation（辐射）
2. 辐射区域窗口
   a. 命名：Rad1
   b. 单击 OK 按钮

四. 创建地

•创建地

1. 选择菜单名 Draw （图形）> Rectangle（矩形）
2. 使用坐标输入区域，输入长方体的位置
   - X: -270.0, Y: -270.0, Z: 0.0,按下 Enter 键

微波射频交流平台&良好学术交流氛围 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

3. 使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

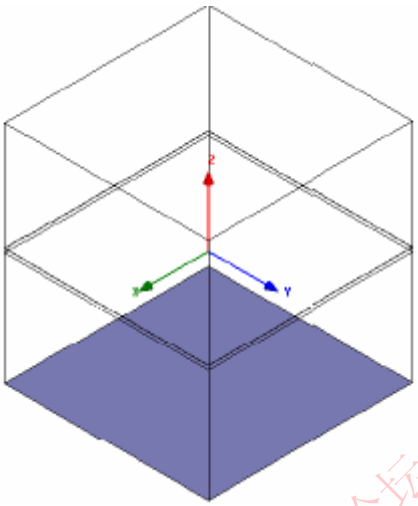
•dX: 540.0, dY: 540.0, dZ: 0.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Ground
3. 单击 OK 按钮

•适合的视图：

1. 选择菜单栏目录*视图（**View**）>全屏视角（**Fit All**）>激活视角（**Active view**）*



一)给场地分配一个理想的 E 区域

•选择场地：

1. 选择菜单名 Edit > Select > By Name
2. 选择目标对话框，

   1)选择对象名：Ground

   2)单击 OK 按钮

•分配理想的 E 区域

1. 选择菜单名 HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E
2. 理想 E 区域窗口

   1)命名：PerfE_Ground

   2)单击 OK 按钮

二)隐藏电介质

•为了隐藏电介质

1. 选择菜单名 Edit > Select All Visible
2. 选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

三)设定默认材料

•设定默认材料：

1. 使用三维模拟器选项工具栏，选择 Select
2. 精确选择窗口：

   1)单击 Add Material（增加选项）按钮

   2)视图/编辑窗口：

      a. Material Name(选项命名)类型：My_Met

      b. Bulk Conductivity 类型值：2.8e7

      c. 单击 OK 按钮

   3)单击 OK 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

四）创建偏移坐标系统

•要创建一个偏移坐标系统：

1. 选择菜单名3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Offset
2. 使用坐标输入区域，输入原点值
   - X: 0.0, Y: 0.0, Z: 304.8,按下 Enter 键

五）创建螺旋路径

•创造路径

1. 选择菜单名 Draw > Line
2. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X: -60.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键
3. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X: -60.0, Y: -60.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
4. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X: 76.5, Y: -60.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
5. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X:76.5, Y:76.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
6. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X:-76.5, Y:76.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
7. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X:-76.5, Y:-76.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
8. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X:93.0, Y:-76.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
9. 使用坐标输入区域，输入顶点值
   - X:93.0, Y:93.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
10. 使用坐标输入区域，输入顶点值
    - X:-93.0, Y:93.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
11. 使用坐标输入区域，输入顶点值
    - X:-93.0, Y:-93.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
12. 使用坐标输入区域，输入顶点值
    - X:109.5, Y:-93.0, Z: 0.0, 按下 Enter 键
13. 使用坐标输入区域，输入顶点值
    - X:109.5, Y:7.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
14. 使用坐标输入区域，输入顶点值
    - X:131.0, Y:7.5, Z: 0.0, 按下 Enter 键
15. 使用鼠标右击并选择 Done
16. 当工具对话框出现时，单击 OK 键

六）创建螺旋形状

•设定栅格平面：

1. 选择菜单名 3D Modeler > Grid Plane > XZ

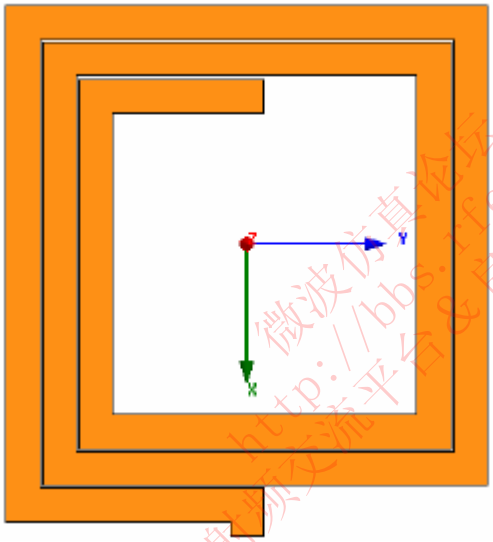
•创建导线轮廓：

1. 选择菜单名 Draw > Rectangle
2. 使用坐标输入区域，输入 box 的位置
   - X: -60.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围

3. 使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角
   - dX: -15.0, dY: 0.0, dZ: 2.0, 按下 Enter 键

- 设定名字：
  1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
  2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Spiral
  3. 单击 OK 按钮
- 扫描轮廓：
  1. 选择菜单名 Edit > Select > By Name
  2. 选择目标对话框，
     1. 选择目标名：Polyline1, Spiral
     2. 单击 OK 按钮
     - 注：你也可以从样本木里选择目标
  1. 选择菜单名 Draw > Sweep > Along Path
  2. 当扫描路径对话框出现时，单击 OK 键
- 适合的视图：
  1. 选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）



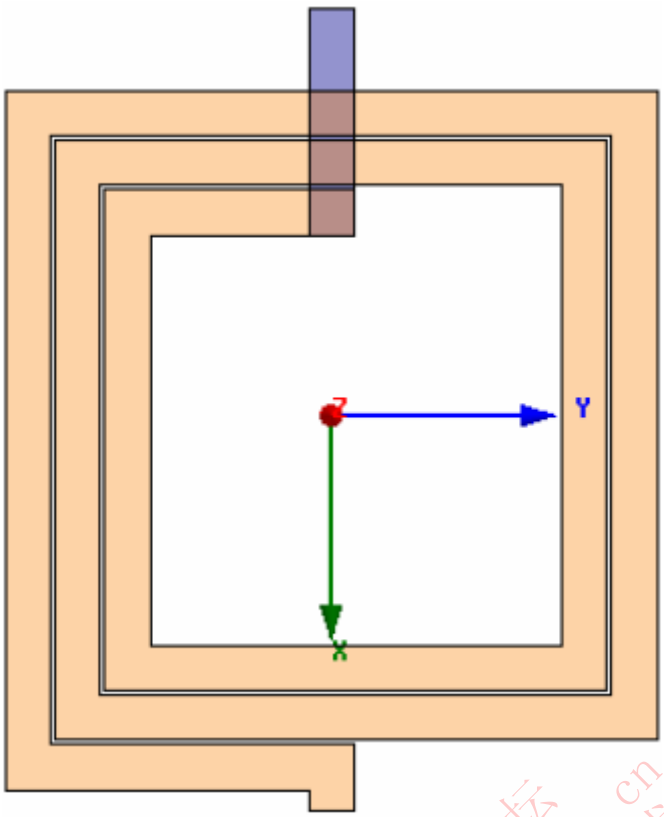
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

七）设定栅格平面

- 设定栅格平面：
  1. 选择菜单名 3D Modeler > Grid Plane > XY

八）创建接地

- 要创建接地：
  1. 选择菜单名 Draw > Box
  2. 使用坐标输入区域，输入长方体的位置
     - X: -60.0, Y: 7.5, Z: -0.8,按下 Enter 键
  3. 使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角
     - dX: -75.0, dY: -15.0, dZ: -0.5, 按下 Enter 键
- 设定名字：
  1. 在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号
  2. 对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Underpass
  3. 单击 OK 按钮
- 适合的视图：
  1. 选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）



九）创建路线 1

•要创建路线：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -60.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: -15.0, dY: -15.0, dZ: -0.8，按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Via1

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

十）创建路线 2

•要创建路线：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -120.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: -15.0, dY: -15.0, dZ: -0.8，按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

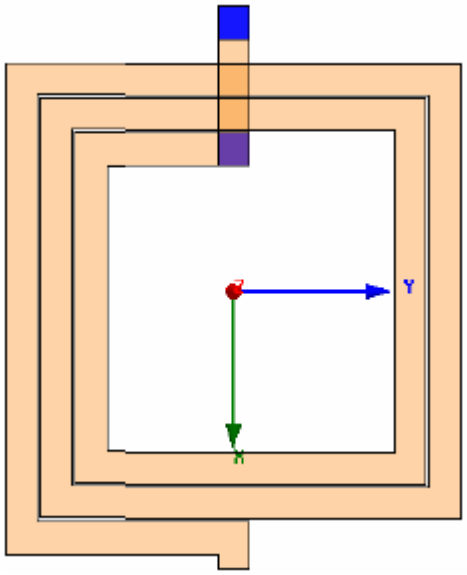
2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Via2

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

1．选择菜单栏目录*视图*（***View***）>*全屏视角*（***Fit All***）>*激活视角*（***Active view***）



十一)创建馈源

•创建电源：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -120.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: -22.0, dY: -15.0, dZ: 2.0，按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Feed

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录*视图*（***View***）>*全屏视角*（***Fit All***）>*激活视角*（***Active view***）

十二）导线内部处理

•内部处理

1．选择菜单名 Edit > Select All Visible

2．选择菜单名 Edit > Properties

3．性质对话框属性表

1）内部处理：_ Checked

2）单击 OK 按钮

•对于所有的警告信息都单击 OK 按钮（在处理高电导率固体内部时，可能需要一个大的网格）

十三）网状导线内部处理

•内部处理：

1．选择菜单名 Edit > Select All Visible

2．选择菜单名HFSS > Mesh Operations > Assign > Inside Selection > Length Based

3．基于正规对话框的元素长度

1）元素长度的限制：_ Unchecked

2）元素数目的限制：_ Checked

3）元素数目的最大值：5000

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围

4）单击 OK 按钮

十四）设定默认材料

•要设定默认材料：

1．使用三维模拟器选项工具栏，选择 Select

2．精确选择窗口：

1）在 Search by Name 区域选择类型 pec

2）单击 OK 按钮

十五）创建地环

•创建外环：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -225.0, Y: -225.0, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: 450.0, dY: 450.0, dZ: 2.0，按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Ring

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

十六）创建内环

•创建内环：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -210.0, Y: -210.0, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: 420.0, dY: 420.0, dZ: 2.0，按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Inner

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

十七）完成环

•选择目标环形和内环：

1．选择菜单名 Edit > Select > By Name

2．选择目标对话框，

1）选择对象名：Ring, Inner

2）单击 OK 按钮

•完成环形：

1．选择菜单名 3D Modeler > Boolean > Subtract

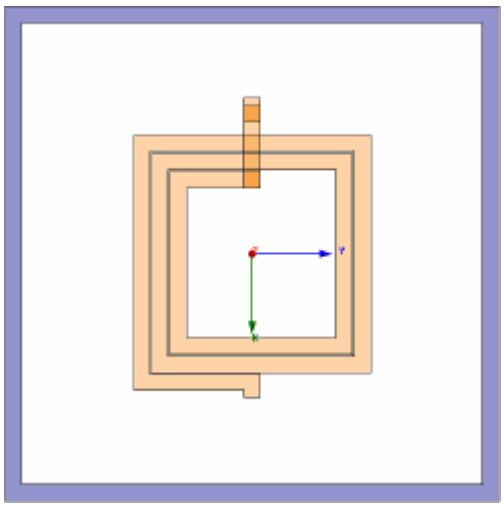
2．比较窗口

•空白部分：Ring

•工具部分：Inner

•单击 OK 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波的频交流平台&良好学术交流氛围



十八）创建扩展名 1

•创建扩展名：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -157.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: -53.0, dY: -15.0, dZ: 2.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Ring_Ext1

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

十九）创建扩展名 2

•创建扩展名：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: 146.0, Y: 7.5, Z: 0.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: 64.0, dY: -15.0, dZ: 2.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Ring_Ext2

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

二十）组合导线

•组合导线：

1．选择菜单名 Edit > Select > By Name

2．选择目标对话框，

1）选择对象名：Ring, Ring_Ext1, Ring_Ext2

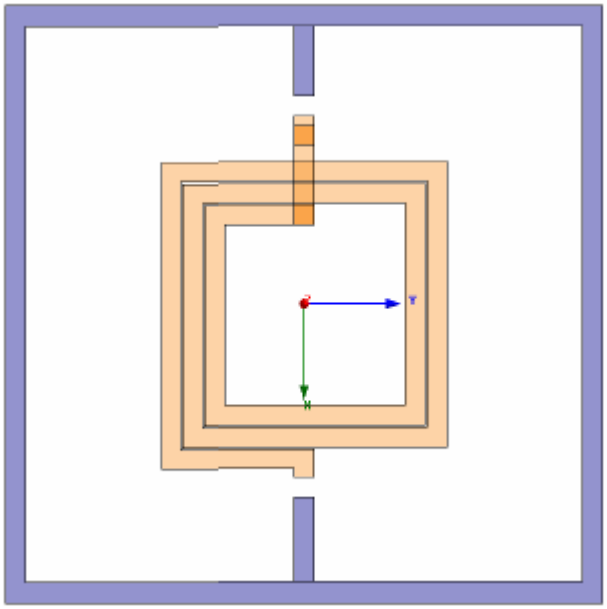
2）单击 OK 按钮

3．选择菜单名，3D Modeler > Boolean > Unite

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）



二十一）创造源 1

•创造源：

1．选择菜单名 Draw > Box

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: -142.0, Y: 7.5, Z: 1.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: -15.0, dY: -15.0, dZ: 0.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Source1

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

二十二）分配激励

•选择目标资源：

1．选择菜单名 Edit > Select > By Name

2．选择目标对话框，

1）选择对象名：Source1

2）单击 OK 按钮

•注：你也可以从样本木里选择对象

二十三）分配集总端口激励

1．选择菜单名 HFSS > Excitations > Assign > Lumped Port

2．集总端口：General

1）命名：P1

2）电阻：50

3）电抗：0

4）单击 OK 按钮

3．集总端口：Terminals

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

1）终端设备数目：1

2）对于 T1，单击 Undefined 栏并选择 New Line

3）使用坐标输入区域，输入顶点的位置

- X: -157.0, Y: 0.0, Z: 1.0,按下 Enter 键

4）使用坐标输入区域，输入顶点的位置

- dX: 15.0, dY: 0.0, dZ: 0.0, 按下 Enter 键

5）单击 Finish 按钮

二十四）创造资源 2

•创造资源:

1．选择菜单名 Draw > Rectangle

2．使用坐标输入区域，输入 box 的位置

•X: 131.0, Y: 7.5, Z: 1.0,按下 Enter 键

3．使用坐标输入区域，输入基矩形的相对角

•dX: 15.0, dY: -15.0, dZ: 0.0, 按下 Enter 键

•设定名字：

1．在 Properties 窗口中，选择 Attribute 符号

2．对于 Name type（命名类型）的 Value 应选择：Source2

3．单击 OK 按钮

•适合的视图：

1．选择菜单栏目录视图（View）>全屏视角（Fit All）>激活视角（Active view）

二十五）分配激励

•选择目标资源：

1．选择菜单名 Edit > Select > By Name

2．选择目标对话框，

1）选择对象名：Source2

2）单击 OK 按钮

•注：你也可以从样本木里选择对象

•分配集总端口激励

1．选择菜单名 HFSS > Excitations > Assign > Lumped Port

2．集总端口：General

1）命名：P2

2）电阻：50

3）电抗：0

4）单击 Next 按钮

3．集总端口：Terminals

1）终端设备数目：1

2）对于 T1，单击 Undefined 栏并选择 New Line

3）使用坐标输入区域，输入顶点的位置

- X: 146.0, Y: 0.0, Z: 1.0,按下 Enter 按钮

4）使用坐标输入区域，输入顶点的位置

- dX: -15.0, dY: 0.0, dZ: 0.0, 按下 Enter 按钮

5）单击 Finish 按钮

二十六）显示全部

•显示所有的对象：

1．选择菜单名 View > Show All > All Views

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二十七）边界显示

•验证边界设置：

1．选择菜单名 HFSS > Boundary Display (Solver View)

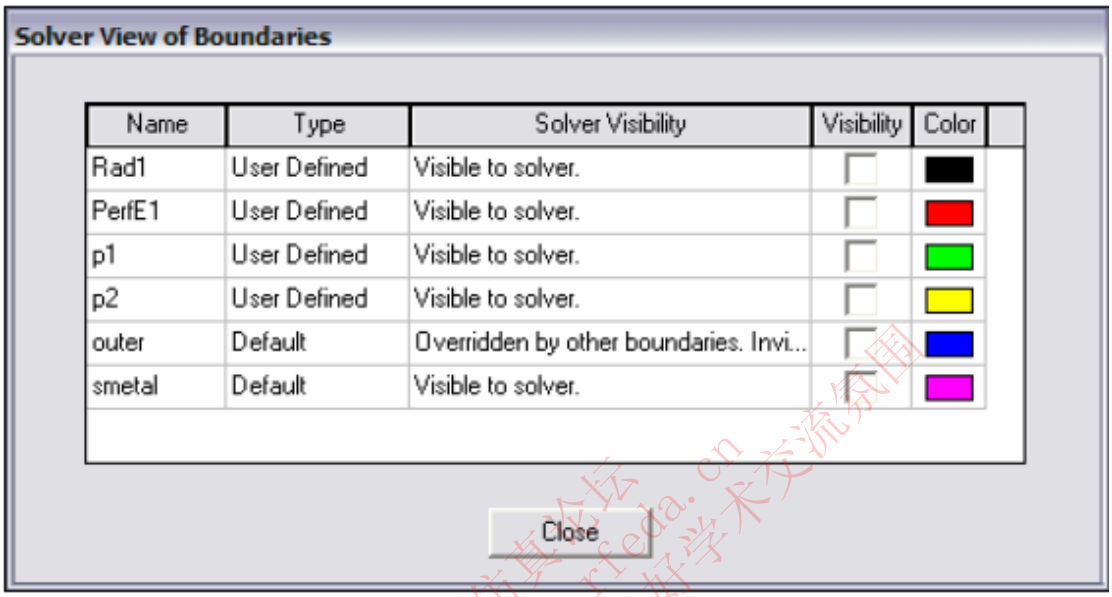
2．根据边界的解决视图，为你想要显示的边界建立可视复选框

•注：背景（理想导线）作为 outer（外）边界显示

•注：理想导线作为 smetal 边界显示

•注：选择菜单名 View > Visibility 来隐藏所有的几何对象。这将使边界更容易看

3．当你完成时，单击 Close 按钮



Name	Type	Solver Visibility	Visibility	Color
Rad1	User Defined	Visible to solver.		
PerfE1	User Defined	Visible to solver.		
p1	User Defined	Visible to solver.		
p2	User Defined	Visible to solver.		
outer	Default	Overridden by other boundaries. Invi...		
smetal	Default	Visible to solver.		

五. 分析设置

一）创建一个分析设置

•创建一个分析设置：

1．选择菜单名 HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup

2．解决方案设置窗口：

1）单击 General 符号：

•解决方案频率：12.0GHz

•通道最大数目：20

• ΔS 最大值：0.02

2）单击 Options 符号：

•规范 λ：_ Checked

•对象：0.05

•Low-Order 解决方案的基础：_ Checked

二）增加一个频率扫描

•增加一个频率扫描：

1．选择菜单名 HFSS > Analysis Setup > Add Sweep

1）选择解决方案设置：Setup1

2）单击 OK 按钮

2．编辑扫描窗口：

1）扫描类型：Interpolating

2）单击 Setup Interpolation Basis 键

•最大解决方法：20

•误差容许范围：0.5%

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

•单击 OK 按钮

3）频率设置类型：Linear Step

•开始：0.1GHz

•停止：20.0GHz

•间隔：0.1GHz

4）单击 OK 按钮

三）储存项目

•储存项目：

1．在一个 Ansoft HFSS 窗口，选择菜单名 File > Save As.

2．从 Save As 窗口，确定文件名的类型：hfss_spiral_inductor

3．单击 Save 按钮

六. 分析

一）样本确认

•确认样本：

1．选择菜单名 HFSS > Validation Check

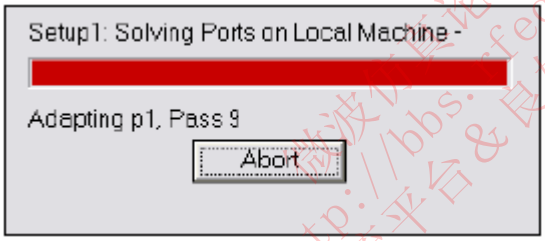
2．单击 Close 按钮

•注：要看任何错误或警告的信息，可使用信息管理器。

二）分析

•开始解决方案程序

1．选择菜单名 HFSS > Analyze All



三）数据解

•查看数据解

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

•查看外形轮廓：

1．单击符号 Profile

•查看收敛性

1．单击符号 Convergence

•注：Convergence 的默认视图是 Table。选择 Plot 单选按钮来查看一个收敛数据的图形表示法。

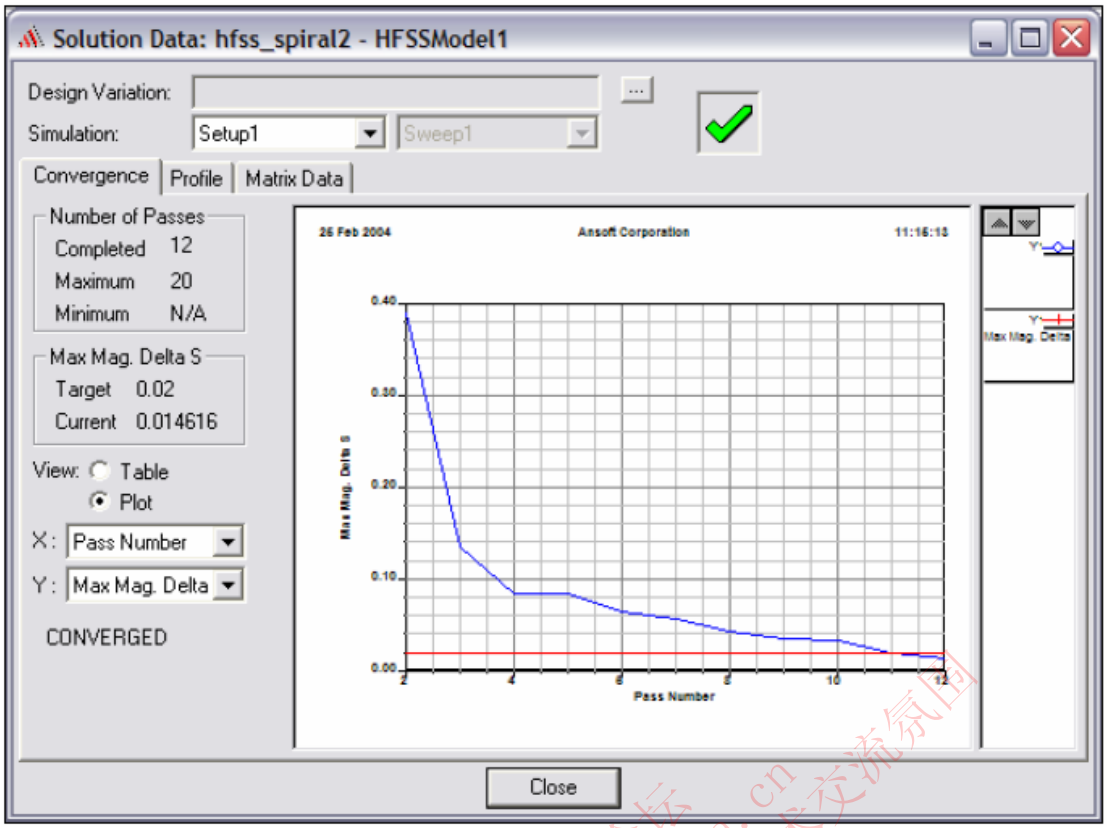
•查看矩阵数据：

1．单击符号 Matrix Data

•注：要查看一个实时变化的矩阵数据，可将模拟仿真设置为 Setup1, Last Adaptive

2．单击 Close 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



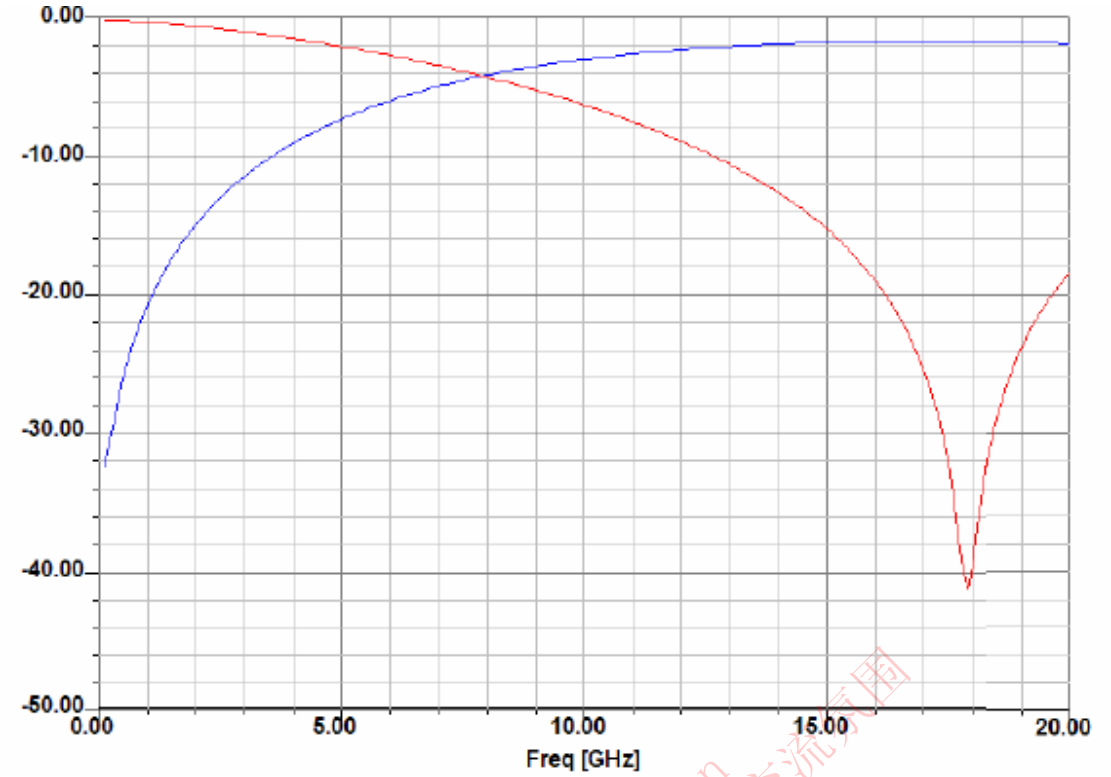
七. 创建报表

一）创建 S 参量和频率

•创建一个报导：

1. 选择菜单名 HFSS > Results > Create Report
2. 创建报导窗口：
   1）报导类型：Terminal S Parameters
   2）显示类型：Rectangular
   3）单击 OK 按钮
3. 轨迹窗口：
   1）解决方案：Setup1: Sweep1
   2）单击符号 Y
      a. 领域：扫描
      b. 种类：Terminal S-Parameters
      c. 数量：St(p1,p1), St(p2,p1)
      d. 功能：dB
      e. 单击 Add Trace 按钮
   3. 单击 Done 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



八. 创建报表（续）

一）自定义方程式——可变输出

1. 选择菜单名 HFSS > Results > Create Report
2. 创建报告窗口：
   1）报导类型：Terminal S Parameters
   2）显示类型：Rectangular
   3）单击 O K 按钮

$$Q_{nn} = \frac{\mathrm{Im}(Y_{nn})}{\mathrm{Re}(Y_{nn})}$$

3. 轨迹窗口：
   1）单击 Output Variables 按钮
   2）可变输出对话框：
      a. 命名：Q11
      b. 表达式：
         •种类：Terminal Y Parameters
         •数量：Yt(p1,p1)
         •功能：im
         •单击 Insert Quantity into Expression 按钮
         •类型： /
         •数量：Yt(p1,p1)
         •功能：re
         •单击 Insert Quantity into Expression 按钮
      c. 单击 Add 按钮
      d. 对 Q22 重复上面的步骤，将 Yt(p1,p1)替换为 Yt(p2,p2)

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真交流平台&良好学术交流氛围

e. 单击 Done 按钮

3) 方案：Setup1: Sweep1

4)领域：扫描

5)单击 Y 按钮

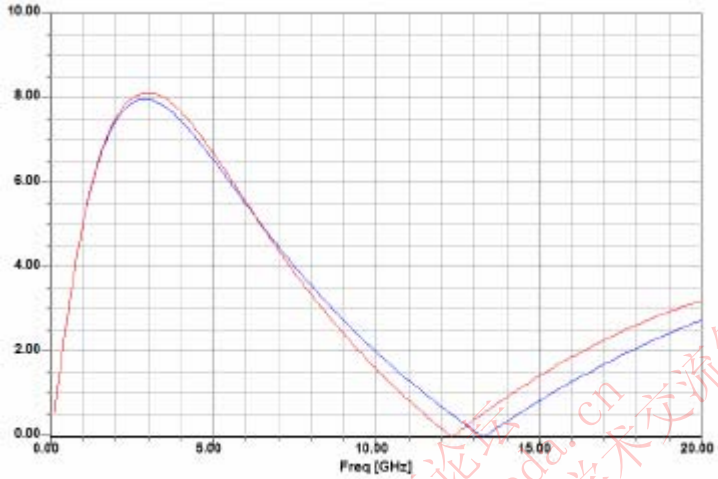
a. 种类：Output Variables

b. 数量：Q11, Q22

c. 功能：abs

d. 单击 Add Trace 按钮

6)单击 Done 按钮



九. 创建报表（续）

一）自定义方程式——可变输出

1. 选择菜单名 HFSS > Results > Create Report
2. 创建报导窗口：
   1）报导类型：Terminal S Parameters
   2）显示类型：Rectangular

$$L_{nn} = \frac{-1}{2\pi \cdot f \cdot im(Y_{nn})}$$

   3）单击 O K 按钮
3. 轨迹窗口
   1）单击 Output Variables 按钮
   2）可变输出对话框：
      a. 命名：L11
      b. 表达式：
         •类型：-1/(2•pi•freq•
         •种类：Terminal Y Parameters
         •数量：Yt(p1,p1)
         •功能：im
         •单击 Insert Quantity into Expression 按钮
         •类型：）

      c. 单击 Add 按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

d. 单击 Done 按钮

3) 方案：Setup1: Sweep1

4) 领域：扫描

5) 单击 Y 按钮

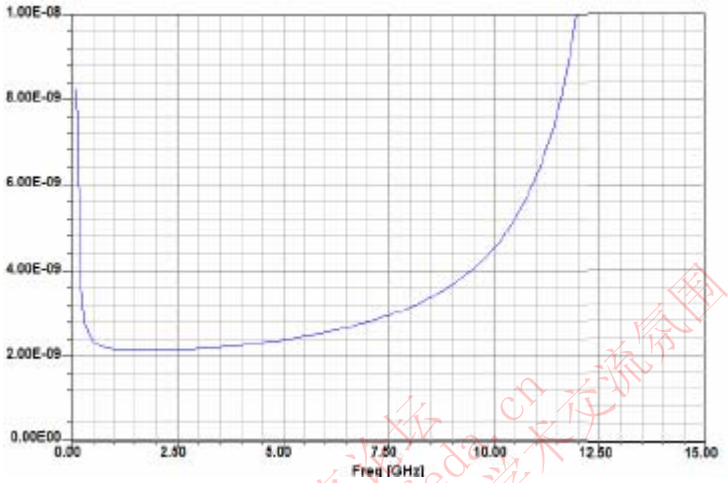
a. 种类：Output Variables

b. 数量：Y11

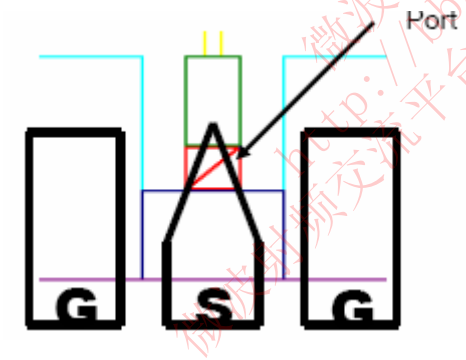
c. 功能：none

d. 单击 Add Trace 按钮

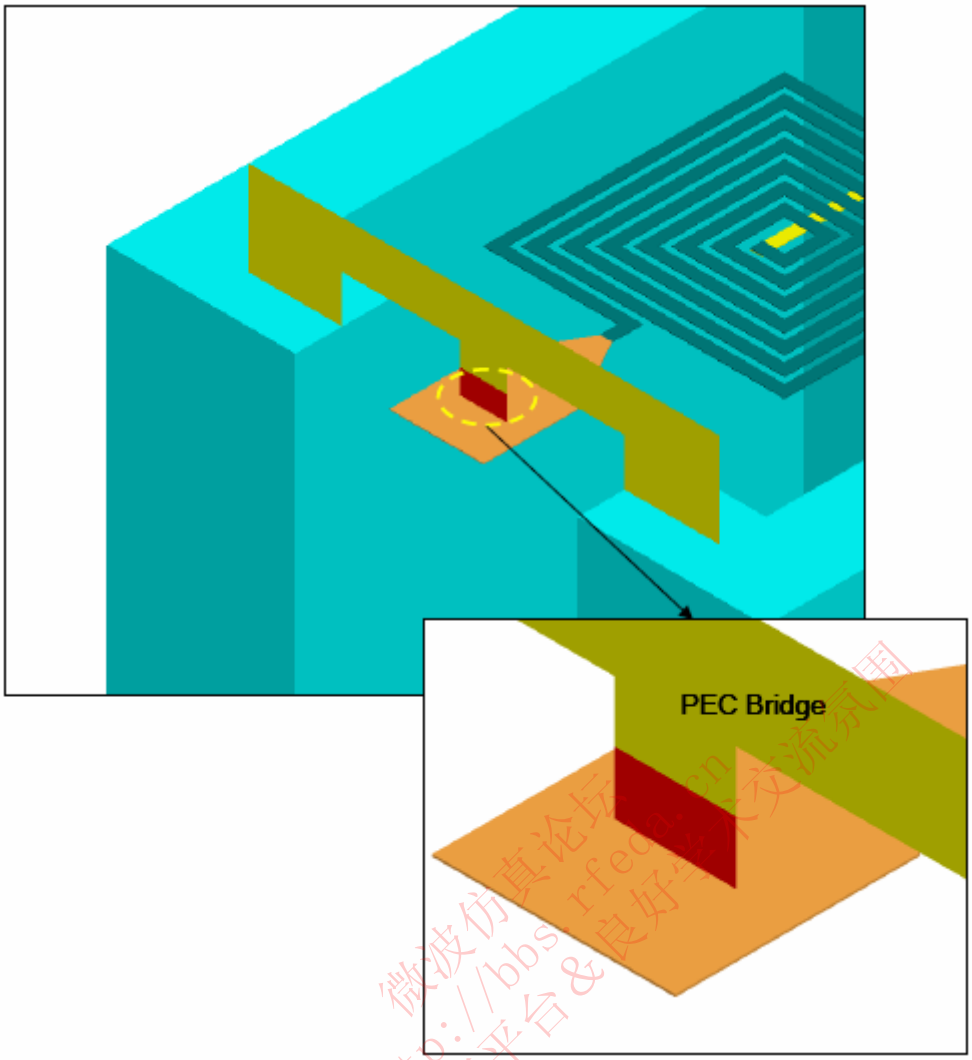
6)单击 Done 按钮

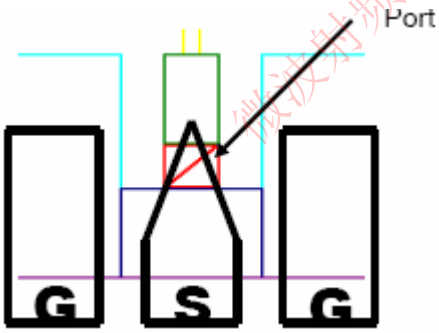


附录一选择性集总端口

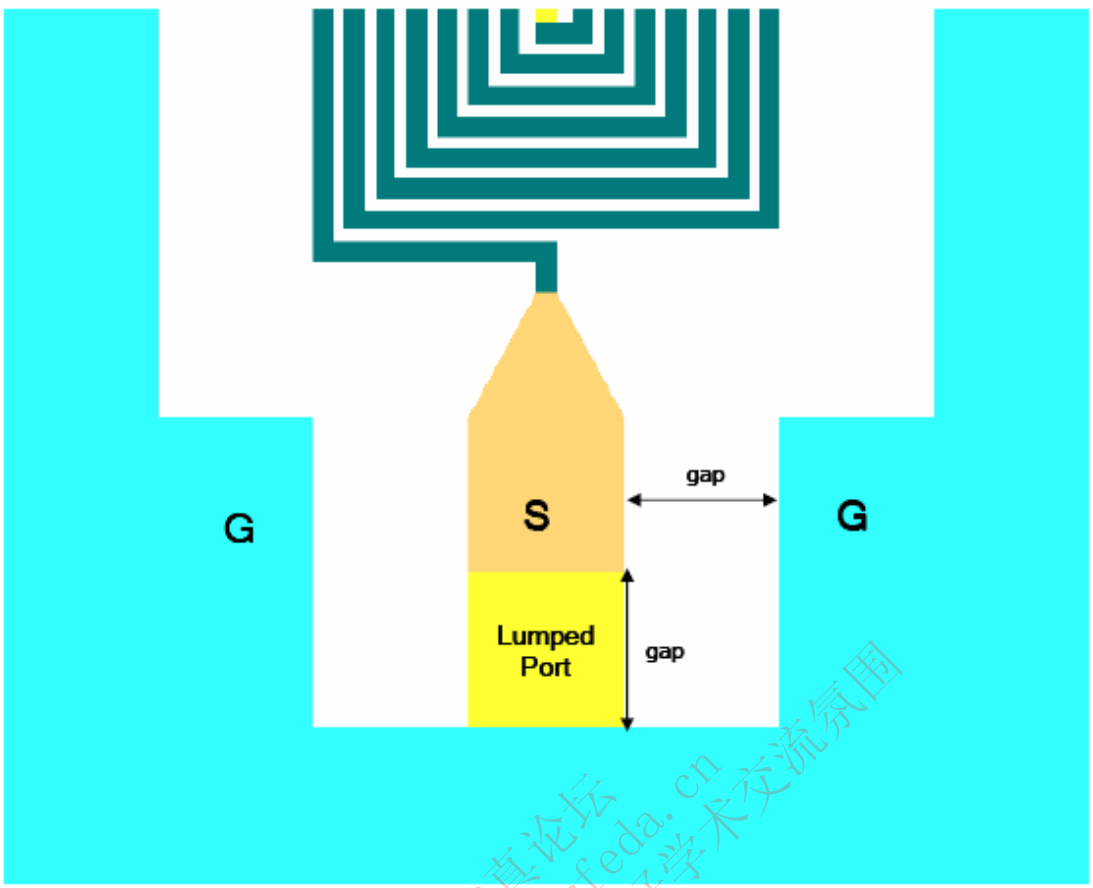


微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

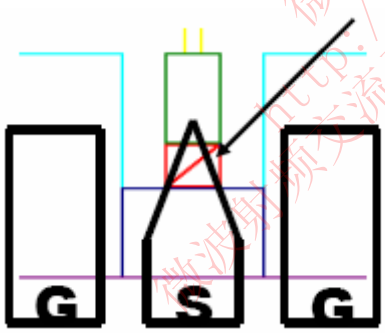


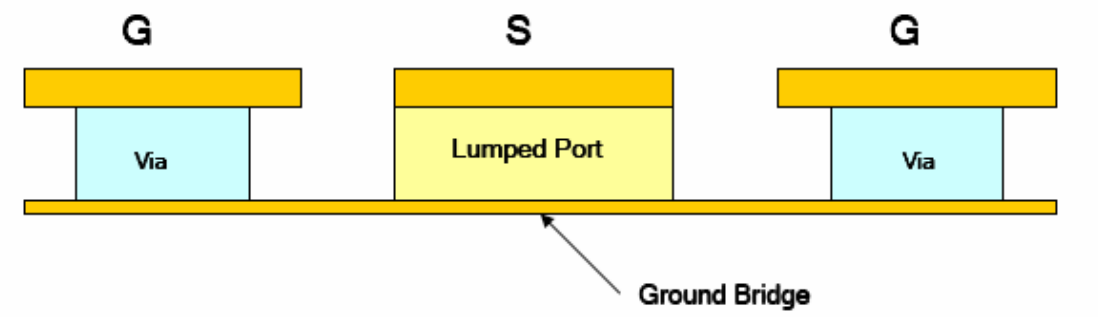


微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



附录二选择性集总端口



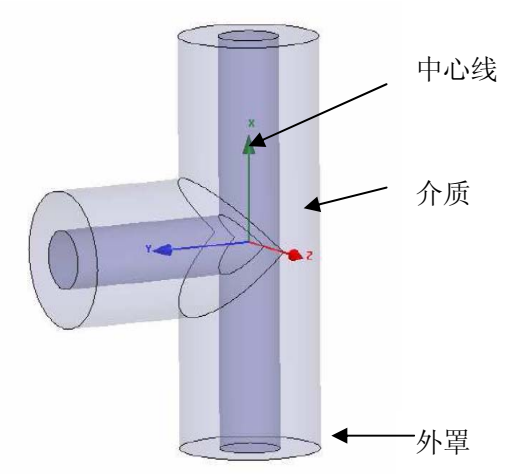


微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

第十一章 相关知识补充

第一节 综述

快速示例－同轴三通管



F. 11.1.1

HFSS－高频结构仿真软件

（High Frequency Structure Simulator）

一、全波（Full-Wave）三维场求解器
二、可求解任意空间内的场

F. 11.1.2

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学习氛围

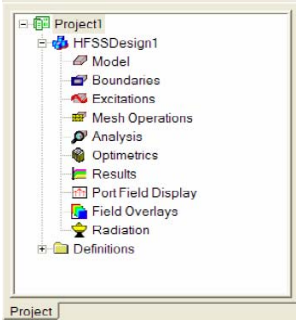
启动 HFSS

点击微软 Windows 操作系统的**开始（Start）**按钮，选择**程序（Programs）**，然后选择 ***Ansoft*** > ***HFSS10*** > ***HFSS10***。

或者，双击 Windows 桌面上的 HFSS10 图标。

添加设计（Design）

当你第一次启动 HFSS，一个含有新设计（Design）的新项目（Project）将被自动添加到项目树（Project Tree）中。



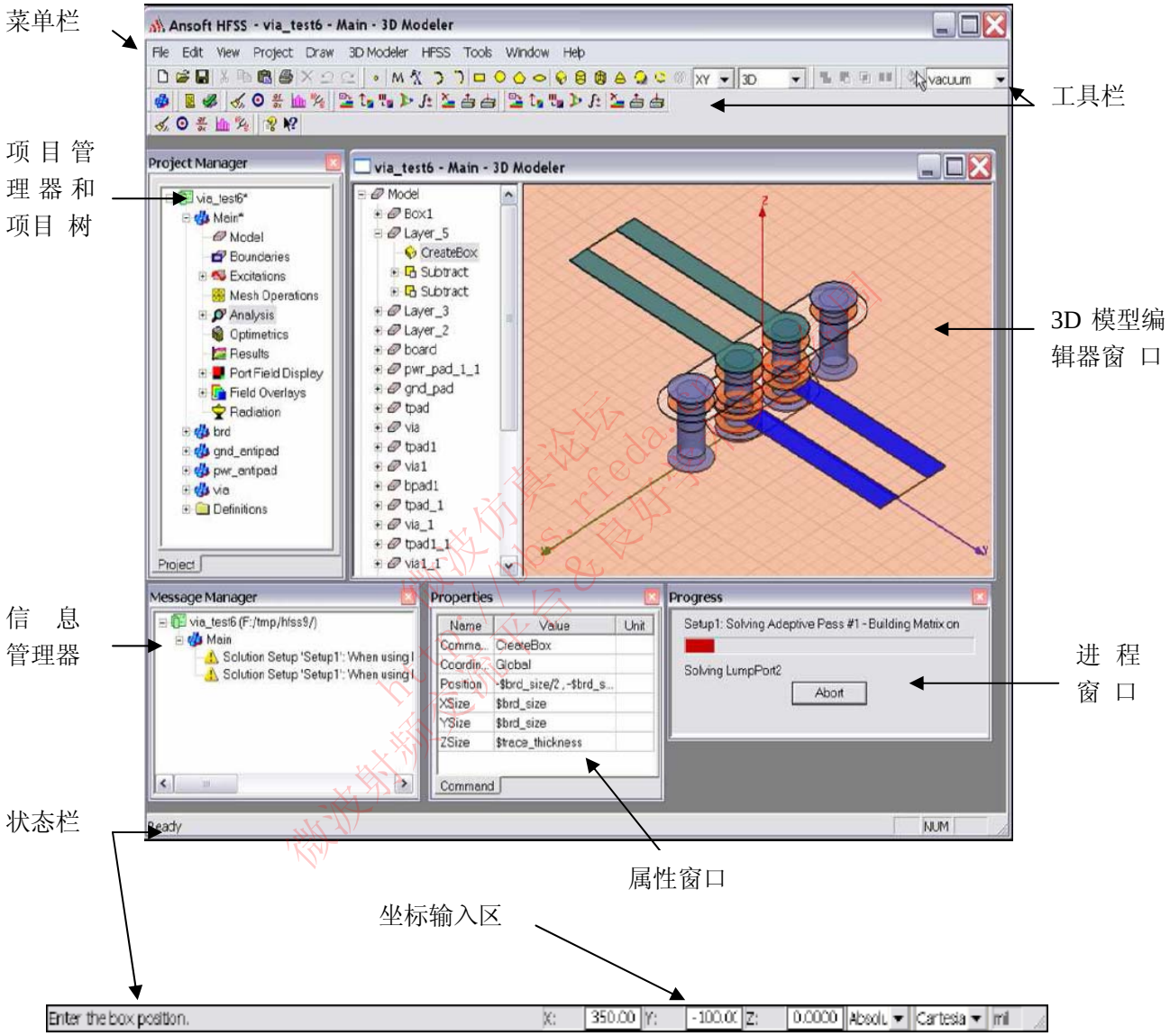
工具栏：插入 HFSS 设计

F. 11.1.3

往已有的项目（Project）中添加新的设计（Design）内容，选择菜单中***项目（Project）＞插入 HFSS 设计（Insert HFSS Design）***。

还可以手动打开一个还有新设计（Design）的新项目（Project），选择菜单中***文件（File）＞新文件（New）***。

Ansoft 工作台（Desktop）



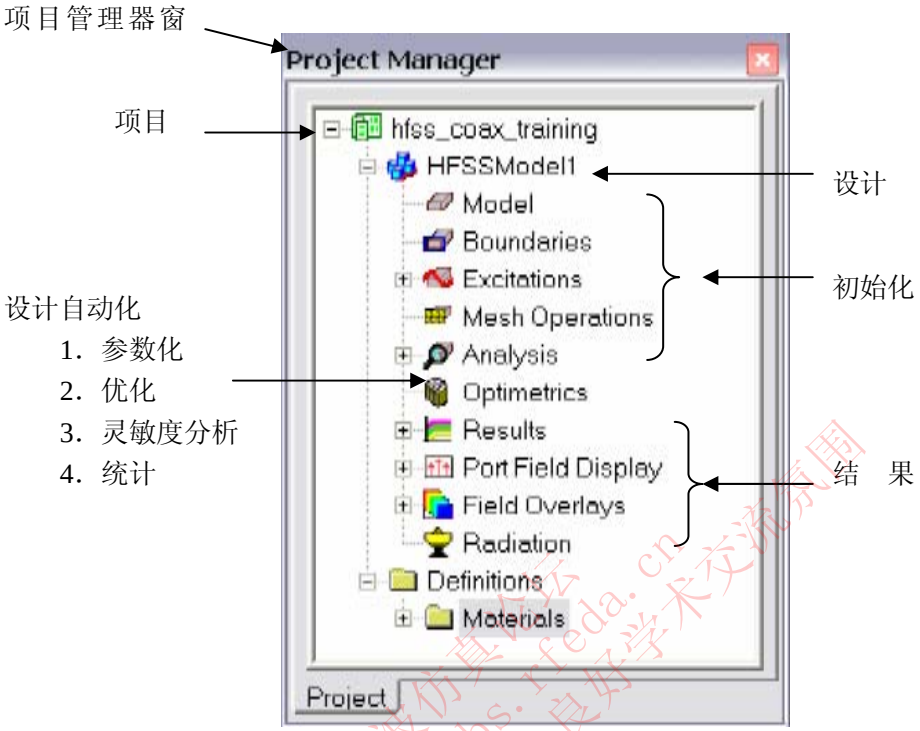
F. 11.1.4

一、项目管理器

一个项目多个设计

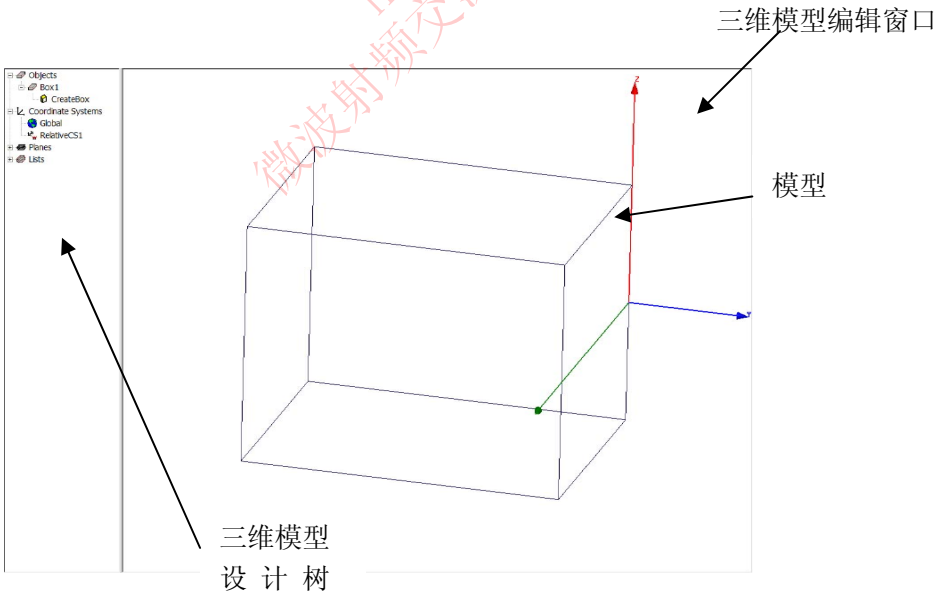
一个工作台多个项目

完整的优化设计步骤（需授权）



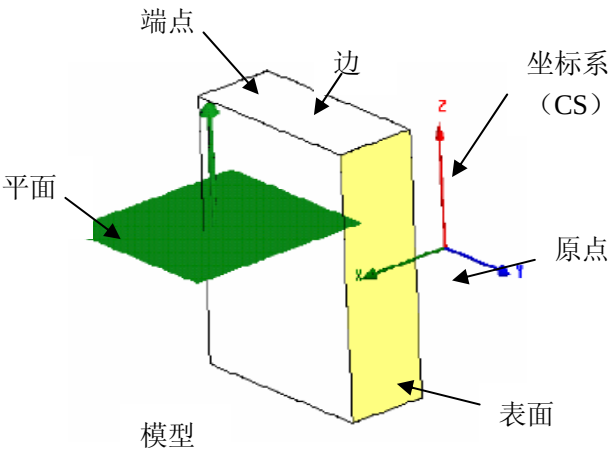
F. 11.1.5

二、三维模型编辑器



F. 11.1.6

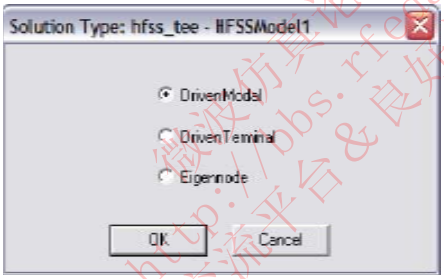
F. 11.1.7



l1.1.8

设定求解模式

1. 选择菜单栏的 ***HFSS*** > ***求解模式（Solution Type）***
2. 求解模式窗口：



F. 11.1.9

a.选择**模式驱动（Driven Modal）**

b.点击 **OK** 按钮

HFSS 的求解模式（Solution Types）

一、**模式驱动（Driven Medal）**－计算模式的 S 参数。S 矩阵的解用波导模式的入射和反射功率来表示。

归一化的 S 参数。

二、**端口驱动（Driven Terminal）**－计算多导体传输线端口的 S 参数。S 矩阵的解用端口的电压和电流来表示。

三、**本征模式（Eigenmode）**－就算结构的本征模或谐振。本征模式求解可以得到结构的谐振频率和谐振频率的场。

四、收敛的依据

一）**模式驱动（Driven Modal）**－模式的S参数的**Delta S（定义参考软件自带的Help文档）**值。

二）**终端驱动（Driven Terminal）**－单端（single-ended）或微分节点（differential nodal）的S参数的**Delta S**值。

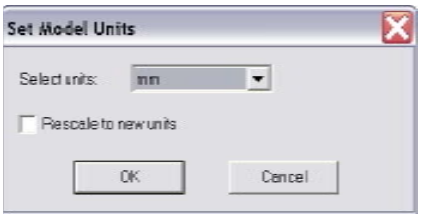
三）**本征模式（Eigenmode）**－频率的差值。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

设定模型单位

一、选择菜单栏中的*三维模型处理器（3D Modeler）>单位（Units）*

二、设定模型单位：



F. 11.1.10

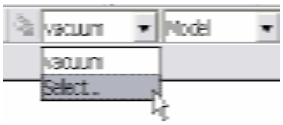
1. 选择单位：**mm**
2. 点击 **OK** 按钮

设定默认材料

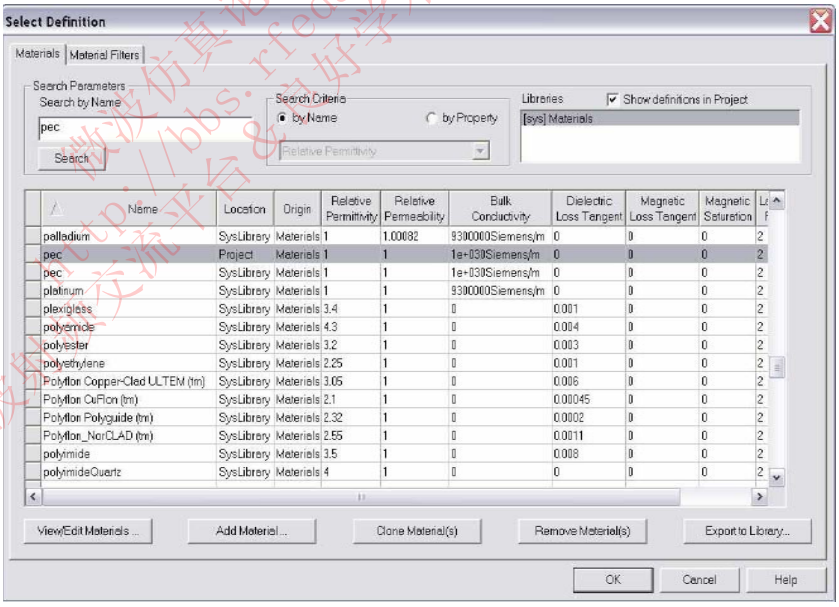
一、在三维模型处理器（3D Modeler）的材料工具栏上选取**选择（Select）**

二、选择定义（Definition）窗口：

1. 在**按名称搜索栏（Search by Name）**中输入 **pec**
2. 点击 **OK** 按钮



F. 11.1.11

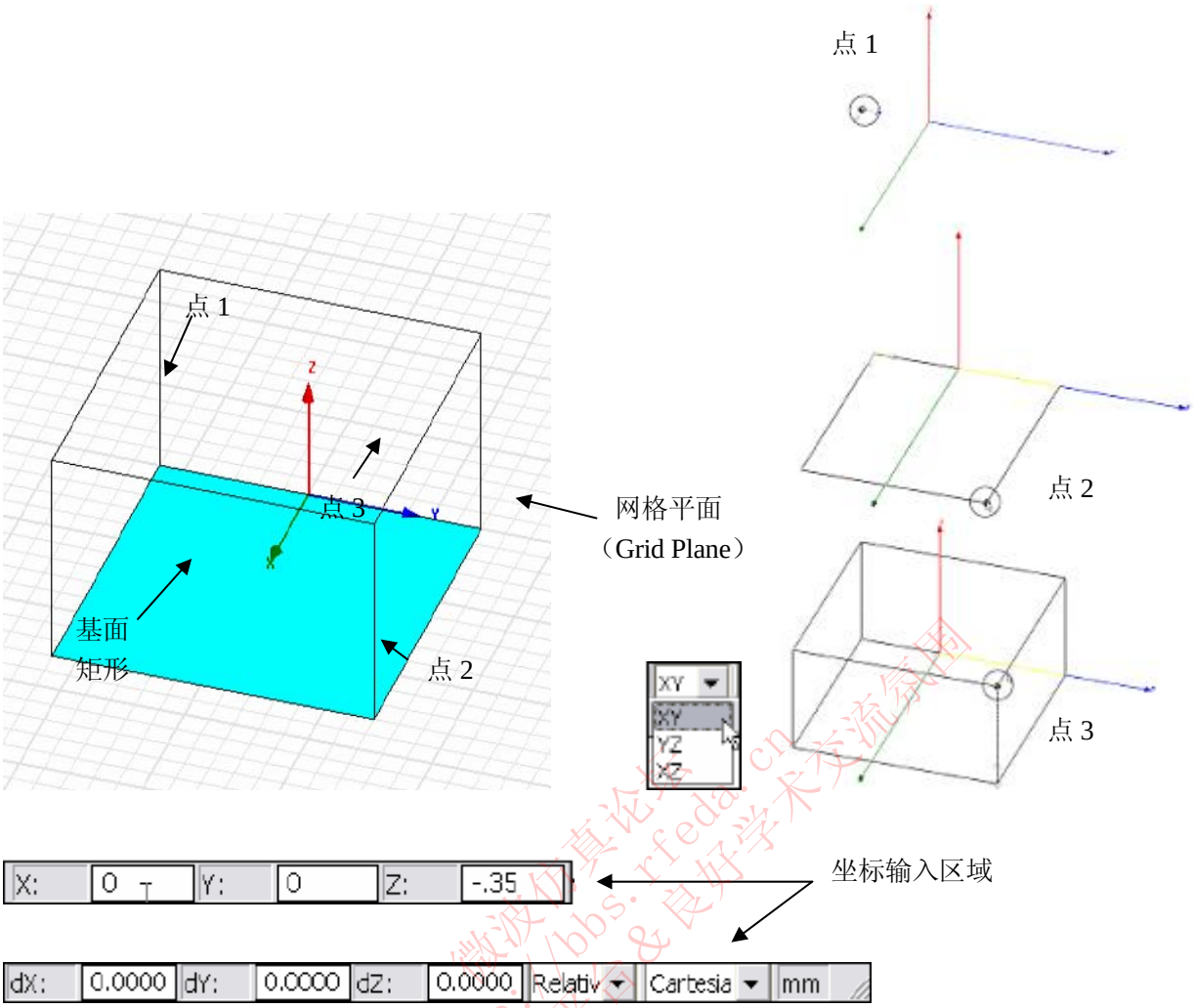


F. 11.1.12

三维模型编辑器

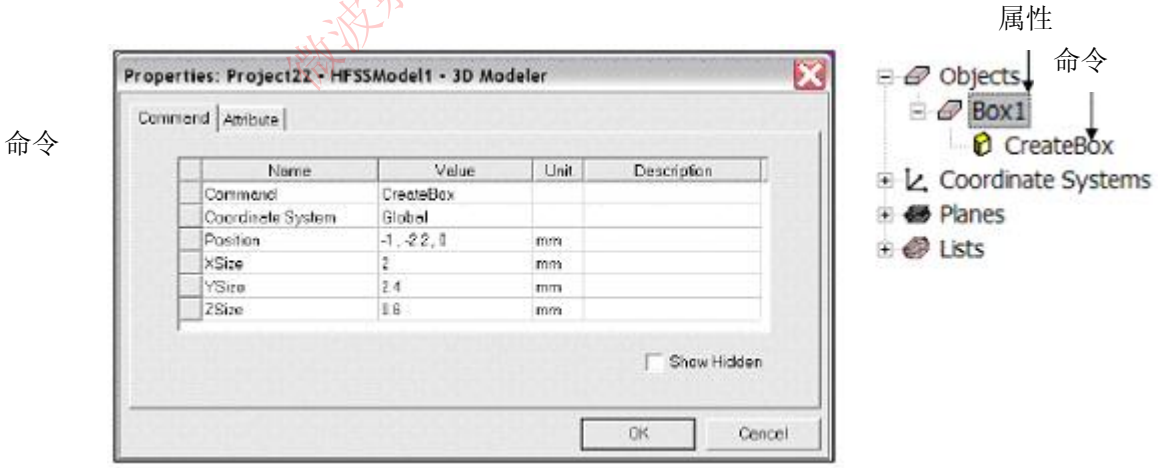
一、创建一个原始模型（Primitive）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真交流平台&爱好学术交流氛围



F. 11.1.13

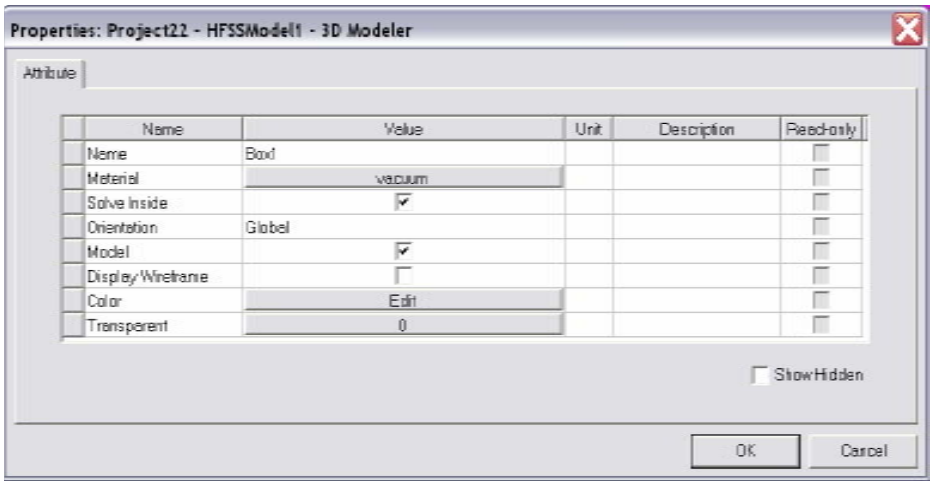
二、对象的道具（Object Properties）



F. 11.1.14

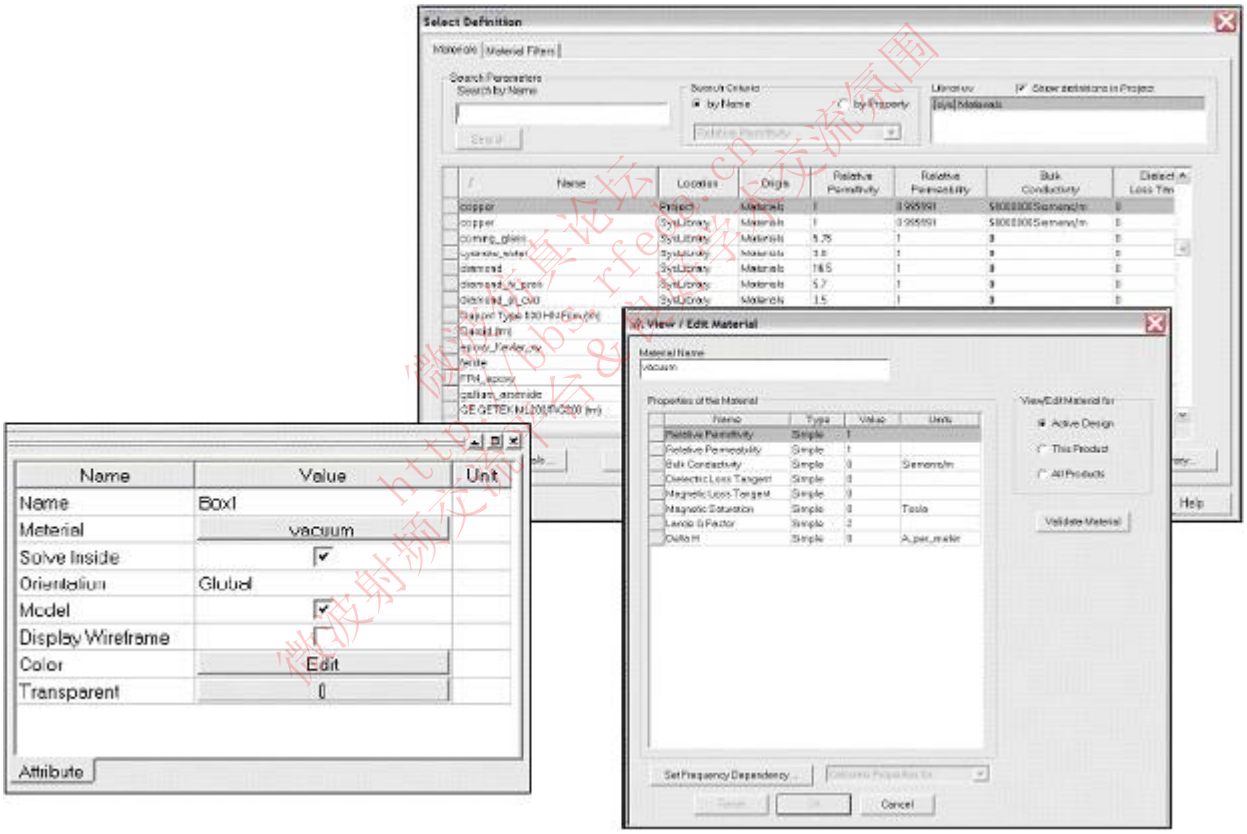
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

属性



F. 11.1.15

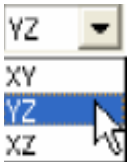
三、对象属性（Attributes）



F. 11.1.16

设定网格平面（Grid Plane）

选择菜单栏中的三维处理器（3D Modeler）>网格平面（Grid Plane）>YZ



制作中心线（Coax Pin）

一、画一个圆柱（Cylinder）

1．选择菜单栏中的*绘画（Draw）>圆柱体（Cylinder）*

2．在坐标输入区内，输入圆心位置

X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，**回车**

3．在坐标输入区内，输入圆柱半径

dX：**0.0**，dY：**0.86**，dZ：**0.0**，**回车**

4．在坐标输入区内，输入圆柱高度

dX：**6.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，**回车**

二、将圆柱高度设为变量

1．在**道具（Properties）**窗口中选择**命令（Command）**标签

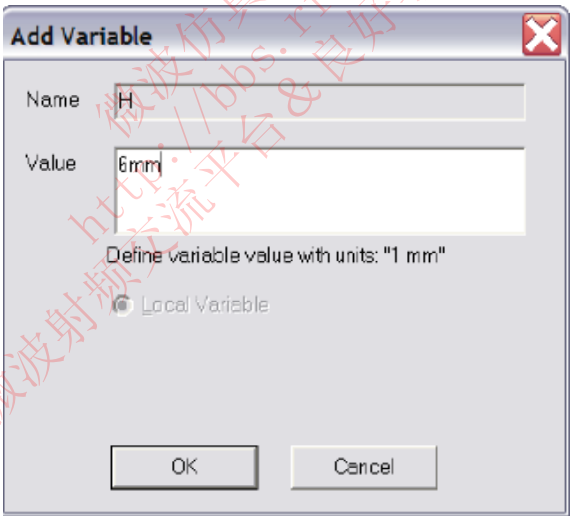
2．高度（Height）：**H**

3．点击 **Tab** 键

4．打开添加变量窗口（Add Variable Window）

1）输入数值（Value）：**6mm**

2）点击 **OK** 按钮



F. 11.1.17

三、设定圆柱名称

1．从**道具（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**标签

2．在**名称（Name）**栏中输入：**Coax_Pin**

四、设定圆柱颜色

1．从**所有项（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**标签

2．点击**编辑（Edit）**按钮

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

五、设定透明度（Transparency）

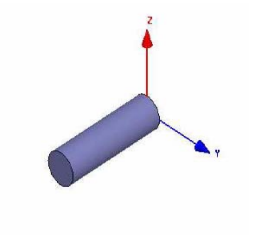
1．从**所有项（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**标签

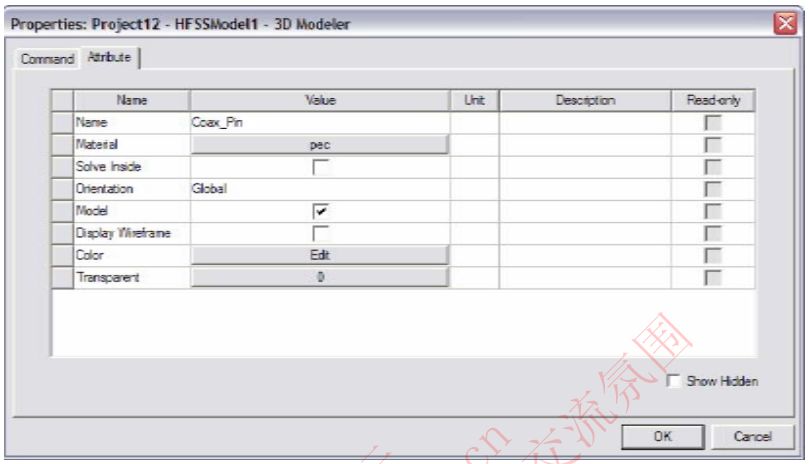
2．点击 **OK** 按钮

完成所有项的编辑后，点击 **OK** 按钮。

六、选择最佳**视图（View）**：

选择菜单栏中的***视图（View）>全选（Fit All）>激活视图（Active View）***





F. 11.1.18

三维编辑器中的视图

一、***视图（View）>更改属性（Modify Attributes）>***

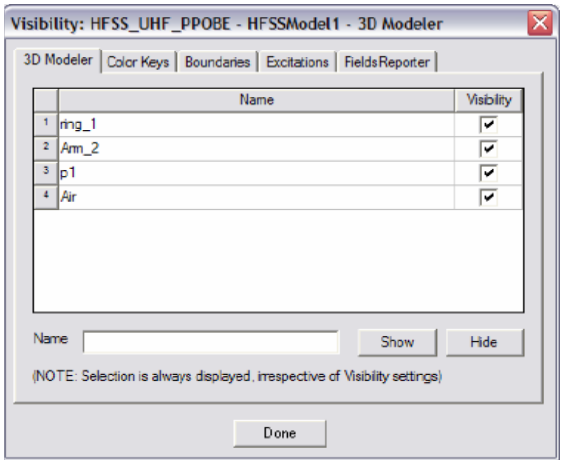
方向（Orientation）—预定义（Predefined）/个性化（Custom）视角（View Angles）

光（Lighting）—控制光的角度、亮度和色彩

投影（Projection）—控制镜头（camera）和透视度（perspective）

背景色彩（Background Color）—控制三维处理器的背景色

二、***视图（View）>激活可视性（Active View Visibility）***—控制三维处理器（3D Modeler）、对象（Objects）、颜色键（Color Keys）、边界（Boundaries）、激励（Excitaitons）和场图（Field Plot）的显示。



F. 11.1.19

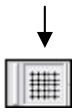
三、*视图（View）>选项（Options）*—立体模式（Stereo Mode）、托拽优化（Drag Optimization）、颜色键的默认设置（Color Key Defaults）和默认旋转（Default Rotation）

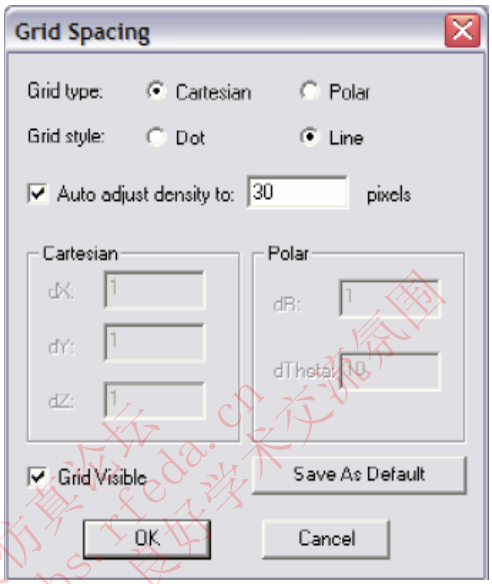
四、*视图（View）>反映（Render）>*接线框（**Wire Frame**）或*光滑阴影（Smooth Shaded）*，后者为默认项

五、*视图（View）>坐标系（Coordinate System）>隐藏*或*缩小（放大）*

六、*视图（View）>网格设定（Grid Setting）*—控制网格（grid）的显示

工具栏：改变网格可视性（Toggle Grid Visibility）

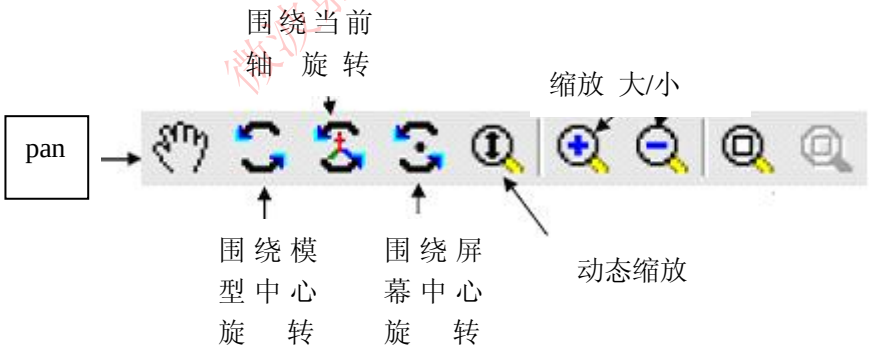




F11.1.20

更改试图

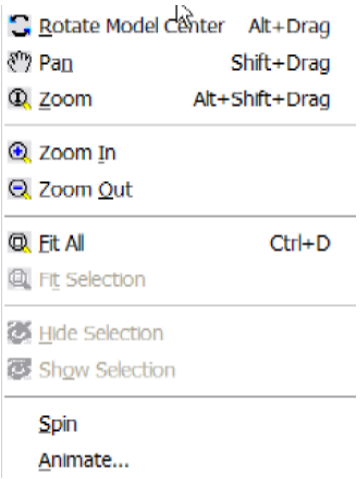
一、工具栏



F. 11.1.21

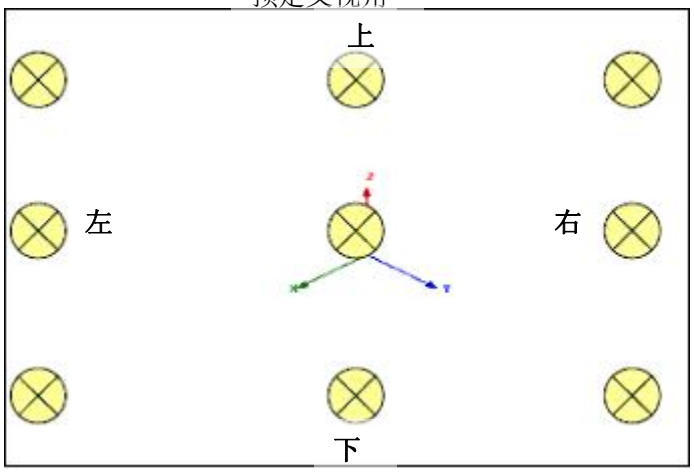
二、便捷菜单（Context Menu）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 11.1.22

预定义视角



F. 11.1.23

三、快捷键

因为更换视角是一个常用操作，所以设定一些有用的快捷键。按下合适的按键，同时按住鼠标左键并托拽鼠标：

ALT + Drag－旋转

另外，有 9 个预定义视角可供选择，按住 ALT 键并双击图 F. 11.1.23 所示的各位置即可。

Shift + Drag－（Pan）

ALT + Shift + Drag－动态缩放（Dynamic Zoom）

设定默认材料

选择三维处理器的材料工具栏，选择**真空（vacuum）**

制作同轴线

一、画一个同轴线

1. 选择菜单栏的***绘画（Draw）>圆柱体（Cylinder）***
2. 在坐标输入区内，输入圆心位置

   X：**0.0**，Y：**0.0**，Z：**0.0**，**回车**
3. 在坐标输入区内，输入圆柱半径

   dX：**0.0**，dY：**2.0**，dZ：**0.0**，**回车**
4. 在坐标输入区内，输入圆柱高度

   dX：**6.0**，dY：**0.0**，dZ：**0.0**，**回车**

二、将圆柱高度设为变量

1. 在**道具（Properties）**窗口中选择**命令（Command）**标签
2. 高度（Height）：**H**
3. 点击 **OK** 按钮

三、设定圆柱名称

1. 从**道具（Properties）**窗口中选择**属性（Attribute）**标签

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

2．在**名称（Name）**栏中输入：**Coax**

3．点击 **OK** 按钮

四、选择最佳**视图（View）**：

选择菜单栏中的***视图（View）>全选（Fit All）>激活视图（Active View）***

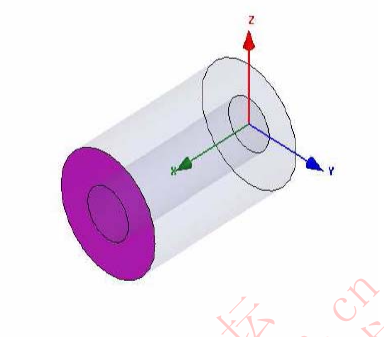
创建一个激励（Exitation）

一、激励面的选择

1．选择菜单栏中的***编辑（Edit）>选择（Select）>表面（Faces）***

2．通过移动鼠标，加亮同轴线的上表面

3．单击鼠标左肩，选中该面



F. 11.1.24

二、指定激励

选择菜单栏中 ***HFSS>激励（Excitations）>指定（Assign）>波端口（Wave Port）***

一）一般（General）

1．名称：**p1**

2．点击**下一个（Next）**按钮

二）模式（Modes）

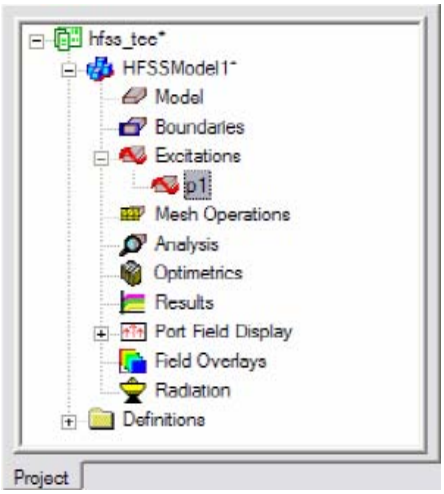
1．点击**下一个（Next）**按钮

三）后处理（Post Processing）

1． 重新归一化（Renormalize）所有模式：☑**勾选（Checked）**

2． 全部端口阻抗（Full Port Impedance）：**50 Ohm**

四）点击**完成（Finish）**按钮



F. 11.1.25

复制带边界的几何体（Duplicate boundaries with geometry）

对被选中的几何体上的所有边界和激励起作用

一、选择菜单栏中*工具（Tools）>选项（Options）>HFSS 选项*

二、HFSS 选项窗口：

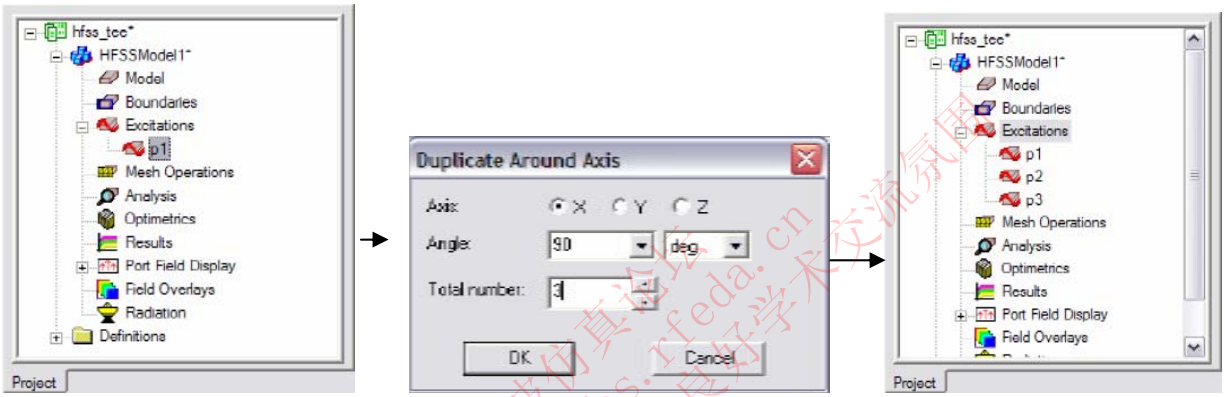
一）点击**一般（General）**标签

1. 当创建新边界时使用（Wizard）完成数据输入：☑**勾选（Checked）**
2. 复制带边界的几何体：☑**勾选（Checked）**

二）点击 **OK** 按钮

三）举例

1. 给对象的表面指定一个激励
2. 绕一根轴复制该对象三次
3. 激励同时被复制



F. 11.1.26

设定对象的选择

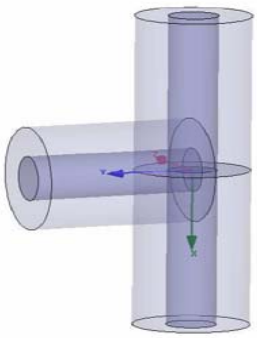
选择菜单栏中**编辑（Edit）>选择（Select）>对象（Objects）**

创建三通管（Tee）

一、选择菜单栏中*编辑（Edit）>选择全部可见（Select All Visible）*。或按住 **CTRL+A** 键。

二、选择菜单栏中*编辑（Edit）>复制（Duplicate）>绕轴（Around Axis）*。

1. 轴（Axis）：**X**
2. 角度（Angle）：**90**
3. 全部数量：**3**



4. 点击 **OK** 按钮

F. 11.1.27

微波射频交流平台 http://bbs.rfeda.cn 良好学术交流氛围

三、选择菜单栏中*视图（View）>适合全部（Fit All）>激活视图（Active View）*。

合并导线

一、选择导线

一）选择菜单栏中*编辑（Edit）>选择（Select）>由名称（By Name）*

二）选择对象对话框（Object Dialog）

1．选择以下名称的对象：**Coax_Pin**，**Coax_Pin_1**，**Coax_Pin_2**

2．点击 **OK** 按钮

二、合并（Unite）

选择菜单栏中*三维模型编辑器（3D Modeler）>逻辑操作（Boolean）>合并（Unite）*

合并同轴线

一、选择同轴线

一）选择菜单栏中*编辑（Edit）>选择（Select）>由名称（By Name）*

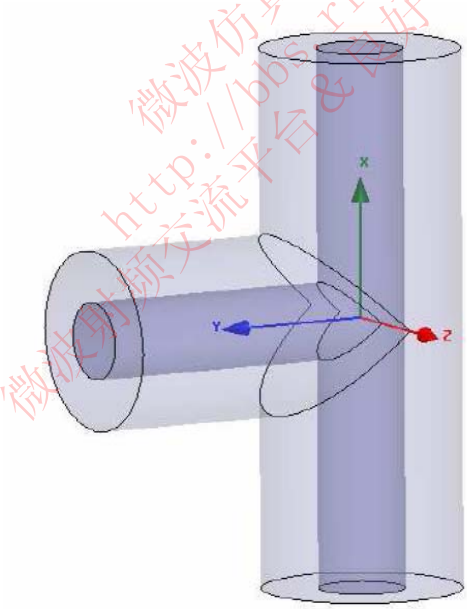
二）选择对象对话框（Object Dialog）

1．选择以下名称的对象：**Coax**，**Coax_1**，**Coax_2**

2．点击 **OK** 按钮

二、合并（Unite）

选择菜单栏中*三维模型编辑器（3D Modeler）>逻辑操作（Boolean）>合并（Unite）*



F. 11.1.28

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&设计好学术交流氛围

HFSS 的求解设定（Solution Setup）

一、建立一个分析（Analysis）的设定

一）选择菜单栏中 ***HFSS>分析设定（Analysis Setup）>添加一个求解设定（Add Solution Setup）***

添加求解设定

F. 11.1.29

二）求解设定窗口

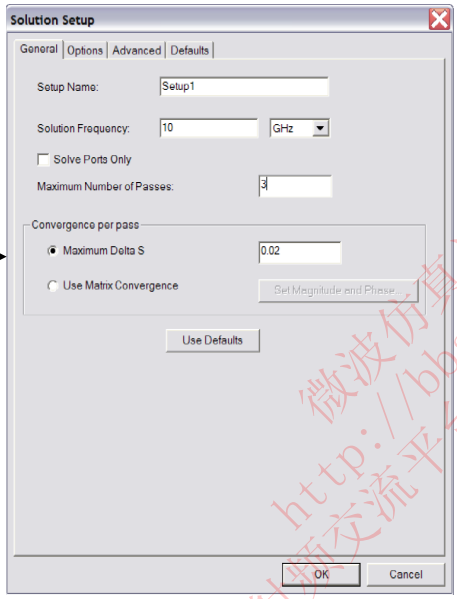
1．点击**一般（General）**标签：

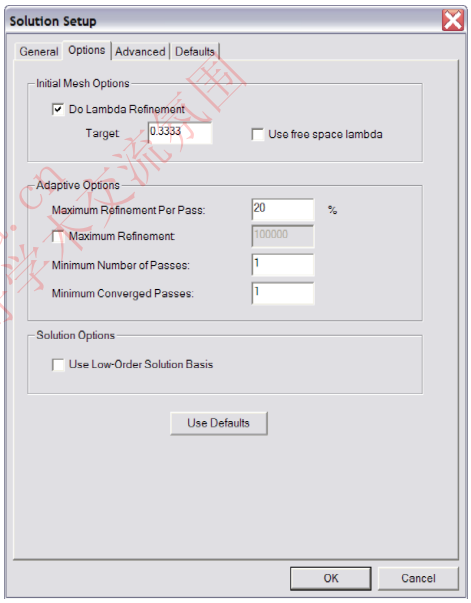
求解频率（Solution Frequency）：**10.0 GHz**

2．点击 **OK** 按钮

三）采集自适应频率（Adapt Frequency）见**第二章**

自适应频率





F. 11.1.30

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二、添加扫频

添加扫描

一）选择菜单栏中 ***HFSS>分析设定（Analysis Setup）>添加扫描（Add Sweep）***

1．选择求解设定：**Setup1**

2．点击 **OK** 按钮

二）编辑扫描窗口（Sweep Window）：

1．扫描类型：**迅速（Fast）**

2．频率设定类型：**线性变化（Linear Step）**

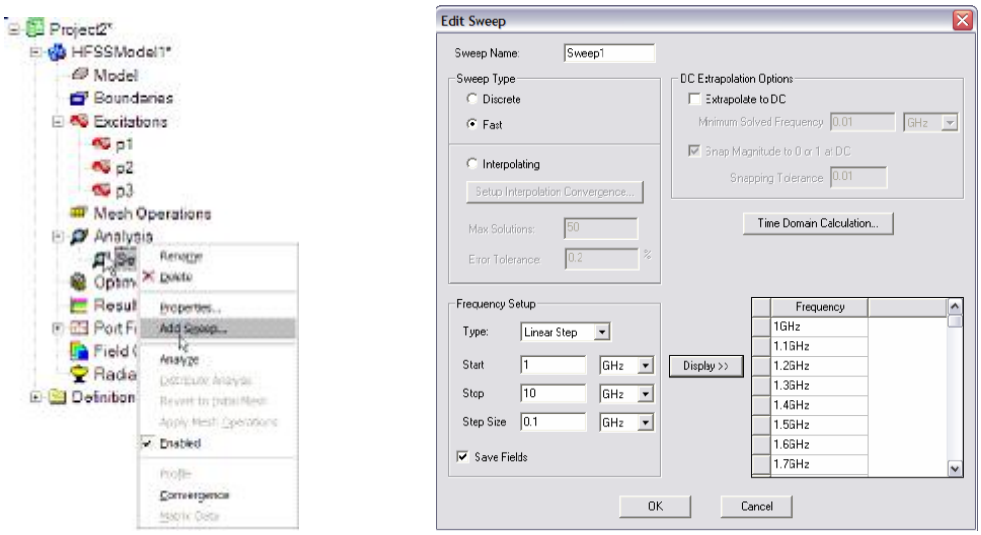
起始（Start）：**1.0 GHz**

终止（Stop）：**10.0 GHz**

步进（Step）：**0.1 GHz**

保存场（Save Fields）：☑**勾选（Checked）**

3．点击 **OK** 按钮



F. 11.1.31

附：HFSS 的扫频（Frequency Sweep）

一、***非连续（Discrete）***－求解时在每个频点使用自适应网格
计算扫描中每个频点的矩阵值和场

二、***快速（Fast）***－ALPS
计算扫描中每个频点的矩阵值和场

三、***插入式（Interpolating）***－使用自适应网格自行确定非连续的求解点
计算扫描中每个频点的矩阵值和最近一次自适应求解的场

保存项目

一、在 Ansoft HFSS 窗口，选择菜单栏中***文件（File）>保存为（Save As）***。

二、在**保存为（Save As）**窗口中，输入文件名：**hfss_coax_tee**

三、点击**保存（Save）**按钮

分析（Analyze）

一、模型生效（Model Validation）

一）选择菜单栏中 ***HFSS>有效性检验（Validation Check）***

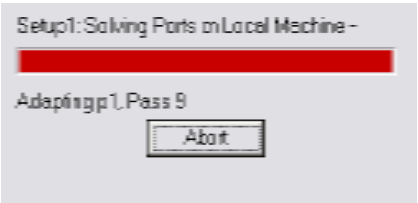
二）点击**关闭（Close）**按钮

注意：如果想浏览或错误信息，请用信息处理器（Message Manager）。

二、分析（Analyze）

一）开始求解进程：

1. 选择菜单栏中 ***HFSS>分析全部（Analyze all）***



F. 11.1.32

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&微波学术交流氛围

三、创建报告（Create Report）

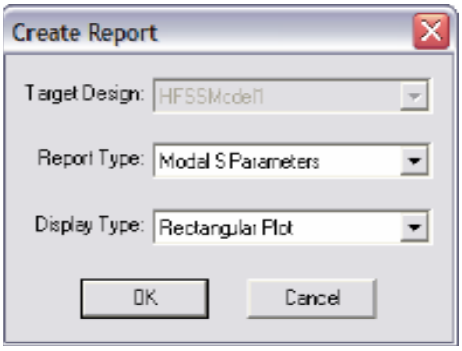
一）选择菜单栏中 ***HFSS>结果（Results）>创建报告（Create Report）***

二）创建报告（Create Report）窗口：

1．报告类型（Report Type）：**模型的 S 参数**

2．显示类型（Display Type）：**直角坐标（Rectangular）图形**

3．点击 **OK** 按钮



F. 11.1.33

三）记录道（Trace）窗口

1．求解：**Setup1：Sweep1**

2．范围（Domain）：**扫描**

3．点击 **Y** 标签

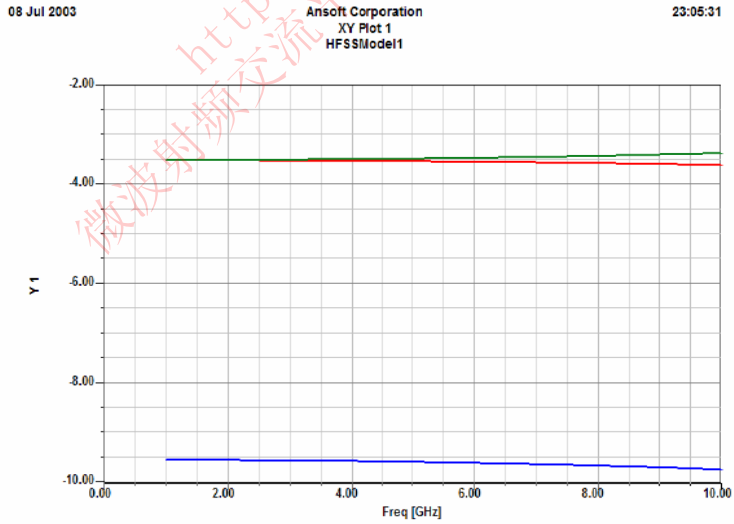
1）类别（Category）：**终端 S 参数**

2）数值（Quantity）：**S(p1,p1)，S(p1,p2)，S(p2,p3)**

3）单位（Function）：**dB**

4）点击**添加记录道（Add Trace）**按钮

4．点击**完成（Done）**按钮



F. 11.1.34

四、场的叠加（Field Overlays）

一）创建场图（Field Plot）

1．选择一个对象与场叠加

1）选择菜单栏中***编辑（Edit）>选择（Select）>由名称（By Name）***

2）选择对象对话框（Object Dialog），

a．选择以下名称对象：**Coax**

b．点击 **OK** 按钮

2．选择菜单栏中 ***HFSS>场（Field）>场（Fields）>E>Mag_E***

3．创建场图（Field Plot）窗口

1）求解（Solution）：**Setup1：LastAdaptive**

2）数值（Quantity）：**Mag_E**

3）显示范围（In Volume）：**All**

4）点击**完成（Done）**按钮

F. 11.1.35

二）更改场图属性：

1．选择菜单栏中 ***HFSS>场（Field）>改变场图属性（Modify Plot Attributes）***

2．选择图文件夹（Plot Folder）窗口：

1）选择：**E Field**

2）点击 **OK** 按钮

3．E-Field 窗口：

1）点击**尺度（Scale）**标签

a．选择使用极值（Use Limits）

b．最小（Min）：**5**

c．最大（Max）：**25000**

d．尺度（Scale）：**Log**

2）点击**绘图（Plot）**标签

a．等价类型（IsoValType）：**等价面（IsoValSurface）**

b．点击**应用（Apply）**按钮

4．点击**关闭（Close）**按钮

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

什么是 HFSS？

一、HFSS—高频结构仿真软件（High Frequency Structure Simulator）

二、任意三维形状的全波（Full-Wave）场求解软件

一）Ansoft 工作台

1. 先进的 ACIS 模型
2. 真正的参数化技术－动态编辑（Dynamic Editing）
3. 强大的报告生成
4. 动态场的可视化
5. 设计流程自动化：Optimetrics/Ansoft Designer/AnsoftLinks

二）先进的材料类型

1. 频响材料（Frequency Dependent Materials）
2. 非线性材料（Non-linear Materials）
3. 各向异性材料（Anisotropic Materials）

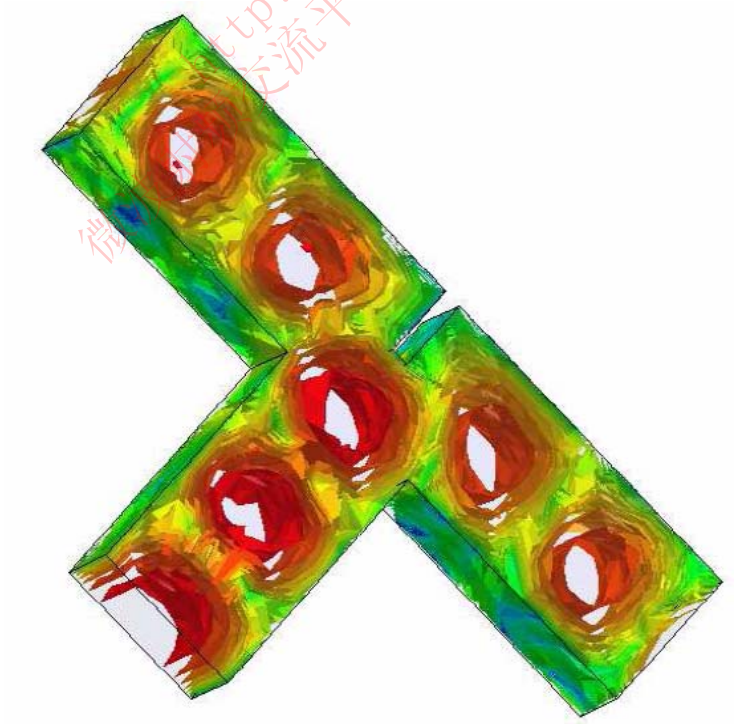
三）先进的边界条件

1. 辐射何完美匹配层（PML）
2. 对称性（Symmetry），定额电阻（Finite Conductivity），无限平面（Infinite Planes），RLC 和分层计算阻抗（Layered Impedance）
3. 主/从面－可构成基本单元（Unit Cells）

四）先进的求解技术

1. 自动化保形网格的生成
2. 自适应网格的生成
3. 内部/外部激励－包括损耗
4. ALPS 快速扫频
5. 本征模

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 交流平台&良好学术交流氛围



F. 11.1.36

HFSS 的一般应用

一、天线

一）平面天线（Planar Antennas）－补丁天线（Patches），偶极子天线（Dipoles），喇叭天线（Horns），共形手机天线（Conformal Cell Phone Antennas），螺旋线天线（Spirals）

二）波导天线（Waveguide）－圆形（Circular）/矩形（Square）喇叭

三）有线天线（Wire）－偶极子天线（Dipole），螺旋天线（Helix）

四）天线阵（Arrays）－无限阵列（Infinite Arrays），频选面（Frequency Selective Surfaces（FSS））&光子带隙（Photonic Band Gaps（PBG））

五）雷达反射面（Radar Cross Section（RCS））

二、微波

一）滤波器（Filter）－孔隙滤波器（Cavity Filters），微带滤波器（Microstrip），介质滤波器（Dielectric）

二）EMC/EMI－屏蔽罩（Shield Enclosures），耦合（Coupling），进场或远场辐射（Near- or Far-Field Radiation）

三）连接器（Connector）－同轴线（Coax），SFP/XFP，后连线板（Backplane），连接管（Transitions）

四）波导－滤波器（Filters），振荡器（Resonators），连接管（Transitions），耦合器（Coupler）

五）硅（Silicon）/GaSa－螺旋电感（Spiral Inductors），变压器（Transformers）

三、信号合成（Signal Integrity）/高速数字技术（High-Speed Digital）

一）包装制模－BGA，QFP，Flip-Chip

二）PCB 版制模－电源/接地板，网格接地（Mesh Grid Grounds），后链接板（Backplanes）

三）连接器－SFP/XFP，VHDM，GBX，NexLev，同轴线

四）过度连接管（Transitions）－差分（Differential）/单端（Single-ended）通路（Vias）

HFSS 计算哪些信息？

一、矩阵数据

一）模式的（Modal）/终端的（Terminal）/微分的（Differential）

1. S、Y 和 Z 参数
2. 驻波比（VSWR）

二）激励（Excitations）

1. 复传播常数（Gamma）
2. 阻抗（Zo）

三）全波 Spice

1. 全波 Spice－主板模型
2. 集总 RLC－低频模型
3. 部分分式（Partial Fraction）－Matlab
4. 输出格式－HSPICE，PSPICE，Cadence Spectre, and Maxwell SPICE

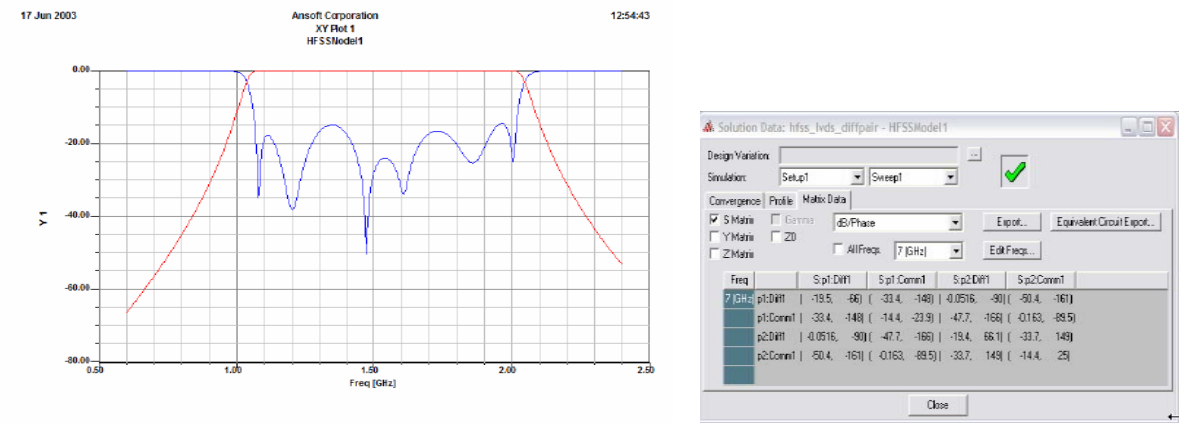
四）一般显示格式

1. 直角，极化
2. Smith 图
3. 数据表

五）一般输出格式

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 e 文好学术交流会用

1. 中性模型文件（Neutral Models Files（NMF））（仅用于优化）
   参数结论（Parametric Results）
2. Touchstone，数据表，Matlab，Citifile
3. 图表－Windows 写字板



F. 11.1.37

二、场

一）模式的（Modal）/终端的（Terminal）/微分的（Differential）

1. 电场
2. 磁场
3. 电流（体电流/面电流）
4. 功率
5. 特征吸收率（Specific Absorption Rate）

二）辐射

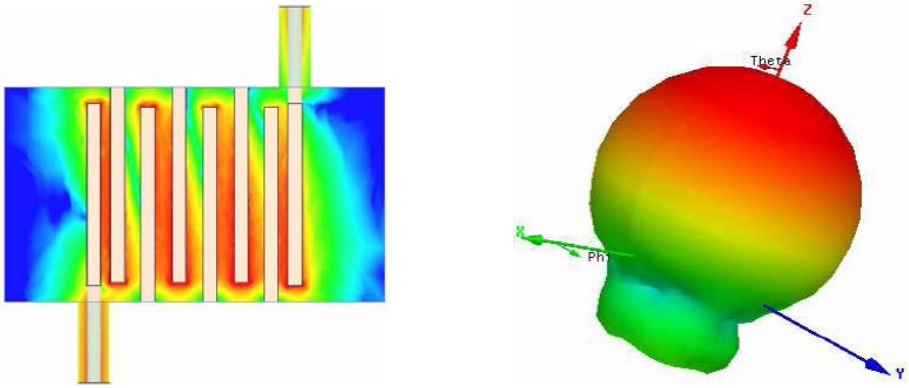
1. 二维/三维 远/近场
2. 阵列－规则和个性化设定
3. RCS

三）场计算器

1. 使用者自定义的场计算

四）一般显示格式：

1. 立体
2. 表面
3. 矢量
4. 二维报告－直角（Rectanglar），极化（Polar），辐射模式（Radiation Patterns）



F. 11.1.38

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

五）一般输出格式：

1．动画－AVI，GIF

2．数据表

3．图表－Windows 写字板，BMP，GIF，JPG，TIFF，VRML

HFSS 场求解软件背后的技术是什么？

一、三维场求解软件

一）类型：**全波（Full-Wave）**

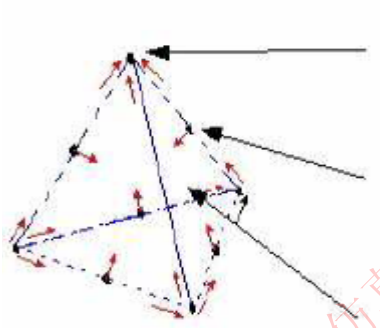
二）求解方法：**三维有限元法（FEM）**

精度：如果计算时对于矩阵和数位没有限制，对于有限元法精度有度也没有极限！

三）网格类型：**共形（Conformal）**

四）网格单元：**四面体（Tetrahedron）**

五）收敛依据：**复 S 参量的 Delta S 值**



顶点：精确求解

边：精确求解

表面：插入

F. 11.1.39

二、激励－端口求解

一）求解方法：**二维有限元法**

二）网格生成：**自适应（Adaptive）**

三、扫频

一）快速扫频（Fast Frequency Sweep）：ALPS

求解扫描中每个频率的矩形数据和场，从单点求解最多可支持 10000 个数据点的扫描

二）插入式扫频（Interpolating Sweep）

自适应的非连续扫描同时与曲线相适，最多可支持 10000 个数据点的扫描。非连续运算点的数量随相应变化。

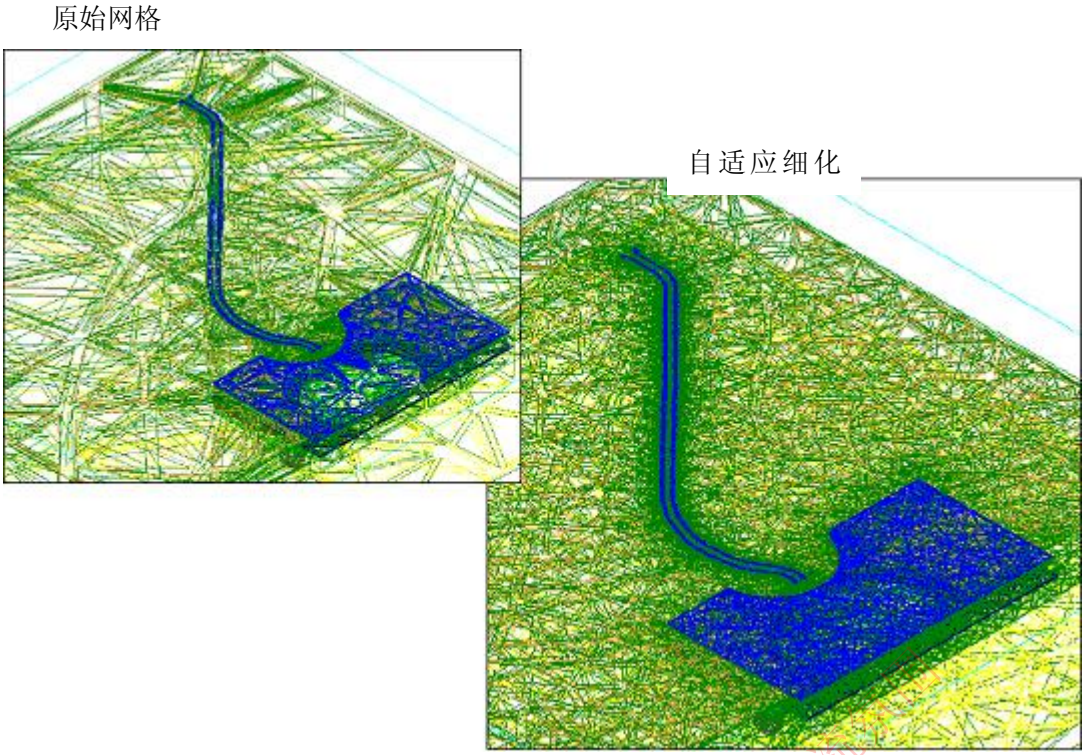
四、自适应网格细化（Adaptive Mesh Refinement）

自动调整网格以适应设备的电性质。这确保第一次仿真就准确。

五、网格收敛：

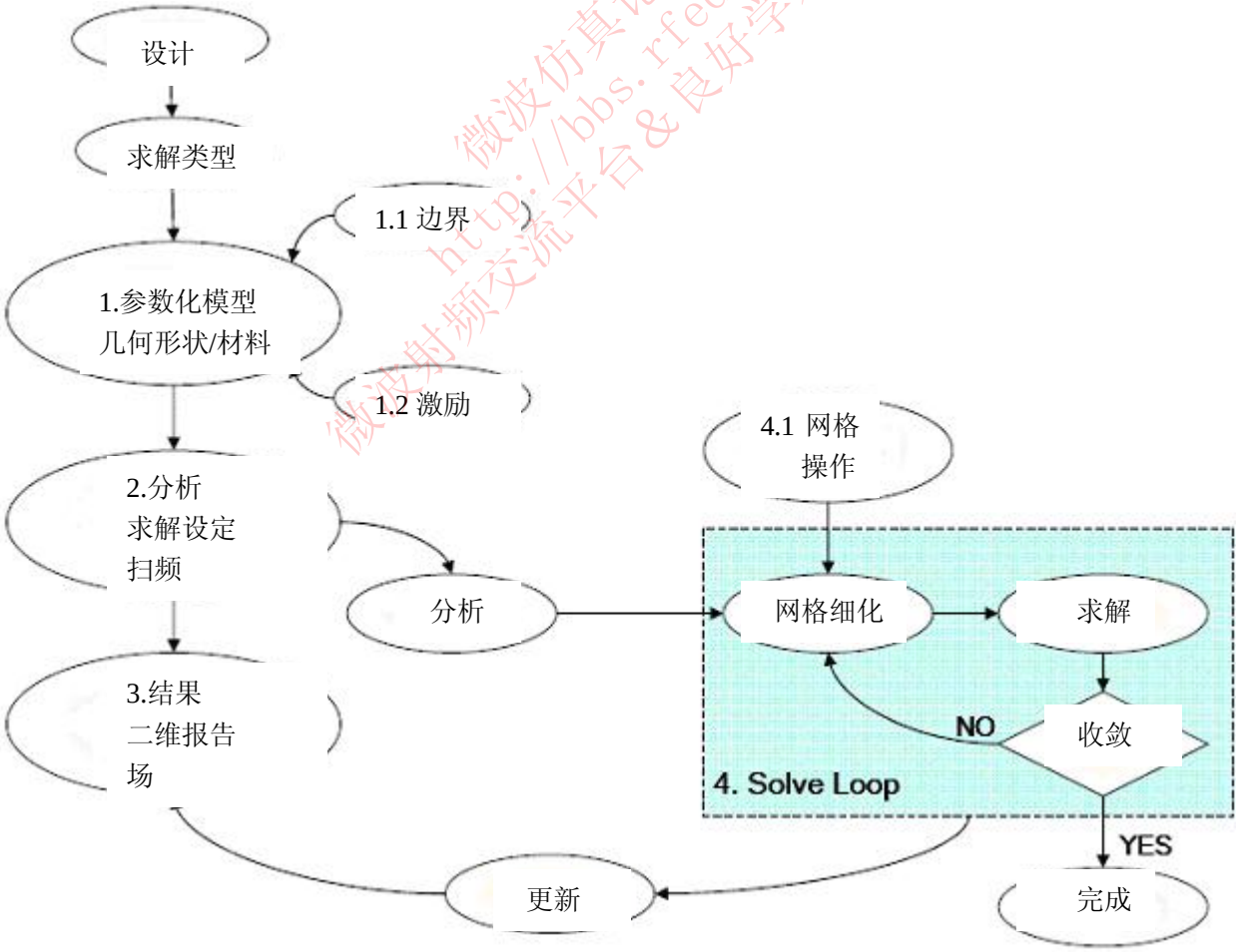
每次自适应求解后，适时改进。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 11.1.40

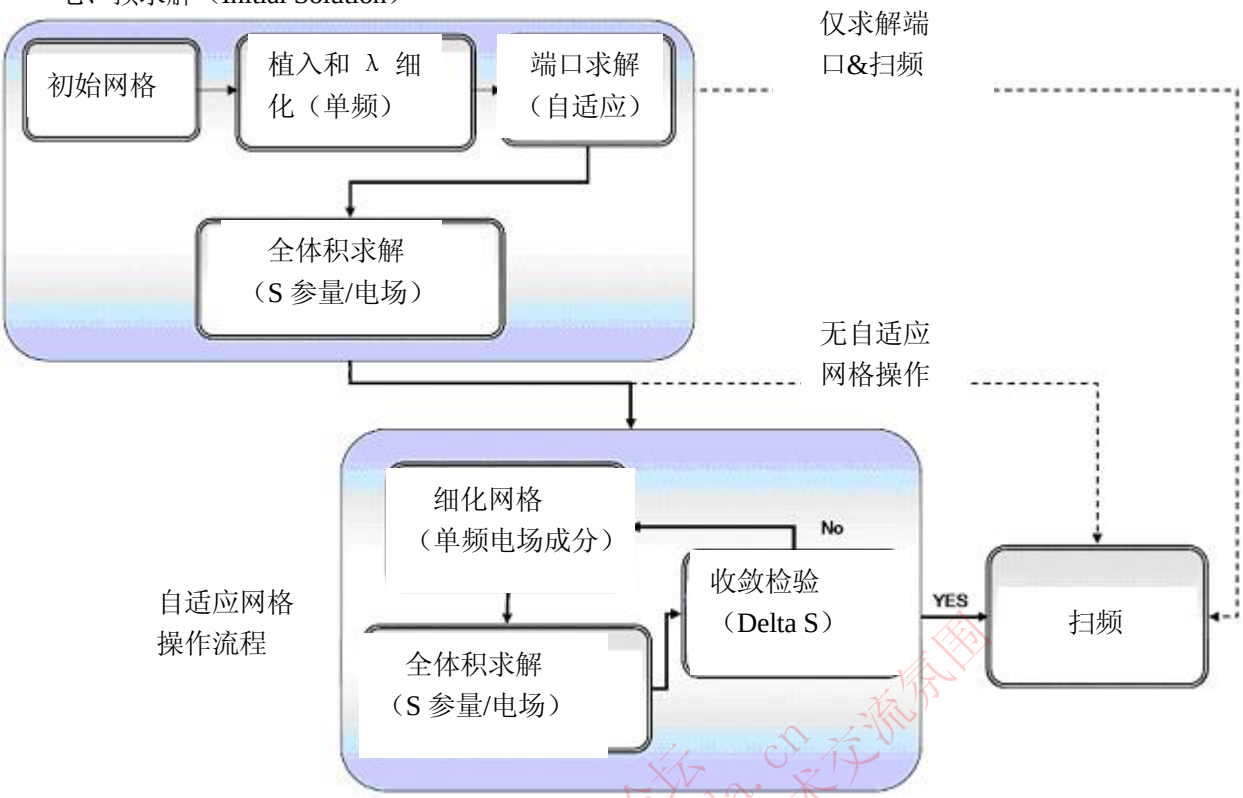
六、流程图



F. 11.1.41

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流

七、预求解（Initial Solution）

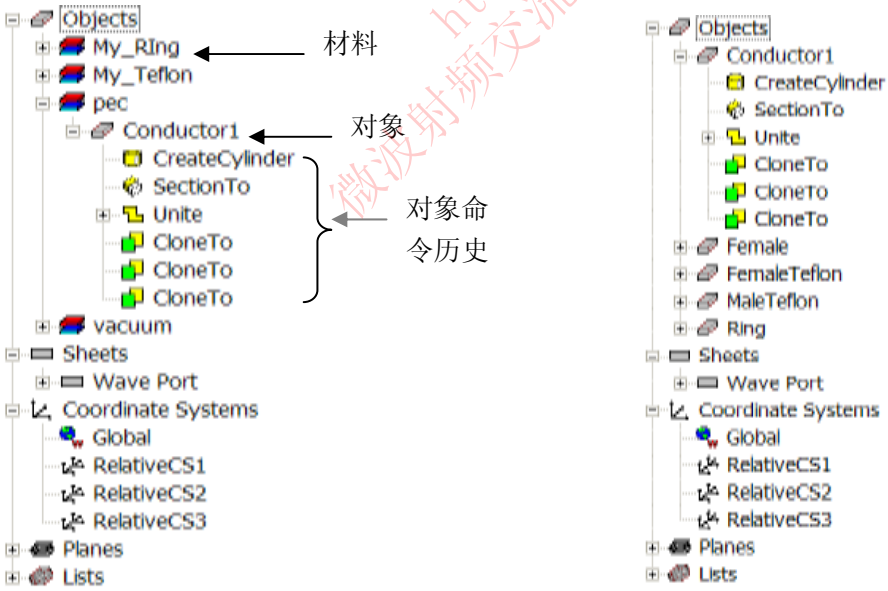


F. 11.1.42

三维模型编辑器（3D Modeler）

一、模型树（Model Tree）

选择菜单栏中*三维处理器（3D Modeler）>按材料分类（Group by Material）*



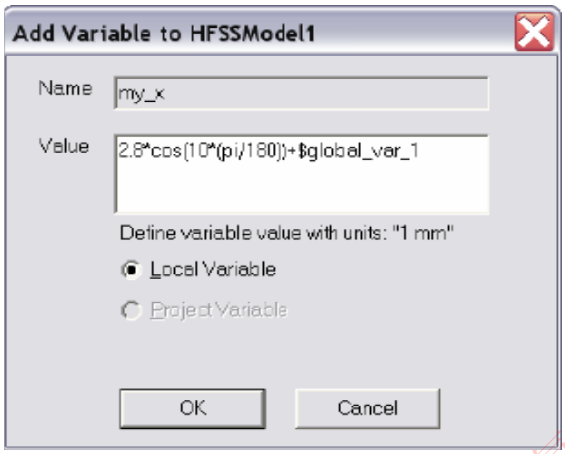
按材料分类　　对象视图

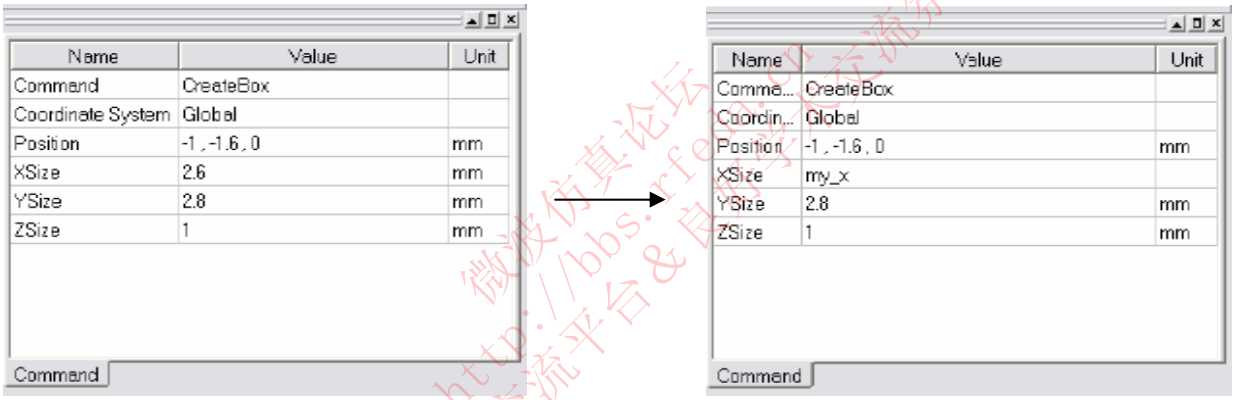
F. 11.1.43

二、命令

一）参数化技术

1．动态编辑－更改维度（Dimensions）
2．增加变量
   1）项目变量（宏）或设计变量（本地）
   2）动态
   3）包括单位－默认单位是米制
3．支持混合单位



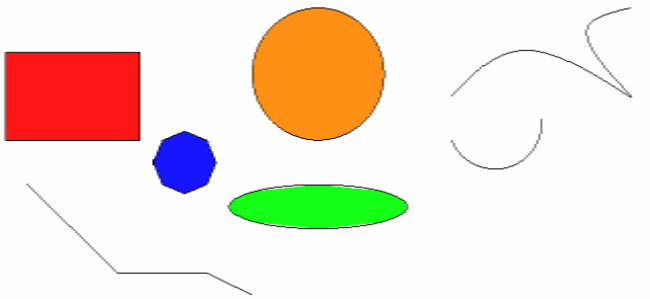


F. 11.1.44

三、基本单元

一）二维绘图对象

有以下二维绘图对象供选：直线（Line），曲线（Spline），弧形（Arc），函数曲线（Equation Based Curve），矩形（Rectangle），椭圆（Ellipse），圆（Circle），等多边形（Regular Polygon），函数面（Equation Based Surface）

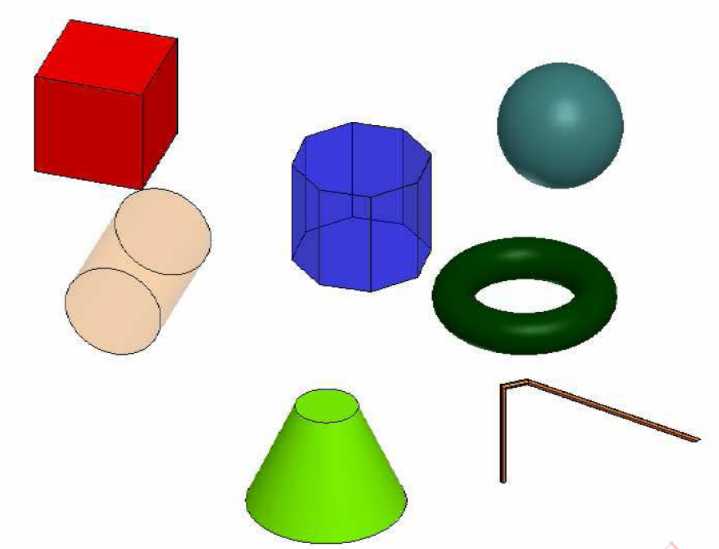


F. 11.1.45

二）三位绘图对象

有以下二维绘图对象供选：盒子（box），圆柱体（Cylinder），正多棱锥（Regular Polyhedron

Cone），球（Sphere），文环（Torus），螺旋线？（Helix），螺旋线？（Spiral），芯片内部导线（Bond Wire，芯片内部连接晶片和封装引脚的导线）



F. 11.1.46

工具栏：二维对象　　**工具栏：**三维对象

F. 11.1.47

四、分割（Splitting）vs 切除（Substacting）对象

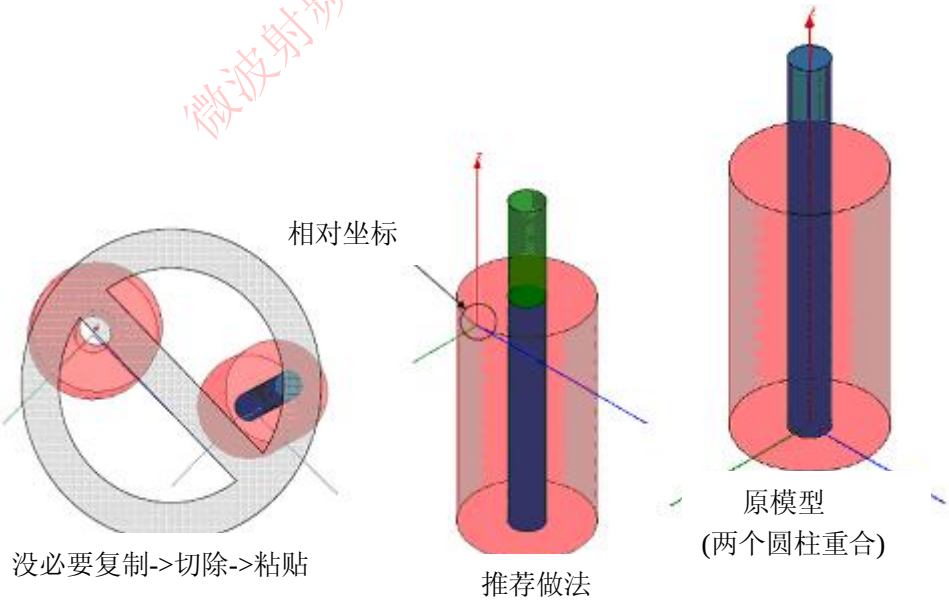
需有两个或更多真实表面的对象重叠。分割对象是为了方便绘制网格。

一）移动坐标系到所需位置

二）选择多个对象进行分割

三）选择***三维处理器（3D Modeler）>逻辑操作（Boolean）>分割（Split）***

四）选择所需的分割面并同时保留两组对象

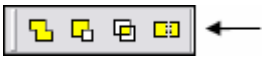


F. 11.1.48

五、逻辑操作/变形

一）*三维模型编辑器（3D Modeler）>逻辑操作（Boolean）>*

1. **合并（Unite）**－合并多个基本单元
   如合并分开的对象（**Separate Bodies** 可以分开）
2. **切除（Substract）**－将一个基本单元的一部分从另一个基本单元切除
3. **相交（Intersect）**－仅保留基本单元重叠的部分
4. **分割（Split）**－沿一个面（XY，YZ，XZ）将基元分割成多个部分
5. **分割相交对象（Split Crossing Objects）**－沿相交面分割对象
6. **分开物体（Separate Bodies）**－分开被合并但并没有真正实体相触连成一个对象的物体



工具栏：逻辑操作

二）*三维模型编辑器（3D Modeler）>表面（Surfaces）>移动（Move Faces）*－沿法向或一个矢量方向缩放或重置一个对象面

三）*编辑（Edit）>排列（Arrange）>*

1. **移动（Move）**－沿一个矢量方向移动结构
2. **旋转（Rotate）**－与轴成一角度旋转图形
3. **镜像（Mirror）**－沿一个指定面对图形进行镜像操作
4. **调整（Offset）**－对 x，y，and z 实施一次统一的比例调整。

工具栏：排列

四）*编辑（Edit）>复制（Duplicate）>*

1. **沿直线（Along Line）**－沿一个矢量方向复制对象
2. **绕轴（Around Axis）**－与轴 x，y 或 z 成一固定角度复制对象
3. **镜像（Mirror）**－沿一个指定面对图形进行镜像操作并复制

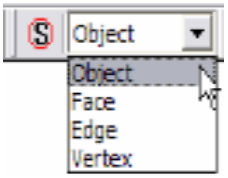
工具栏：复制

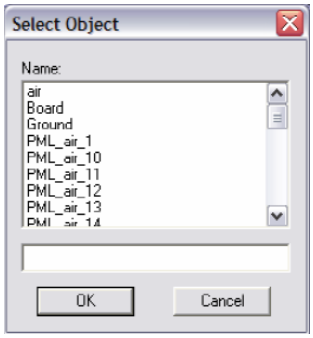
五）*编辑（Edit）>标度（Scale）*－允许在 x，y 和 z 方向使用不同的标度

六、选择（Selection）

一）选择类型

1. **对象（Object）（缺省）**
2. **表面（Face）**
3. **边（Edge）**
4. **顶点（Vertex）**





F. 11.1.49

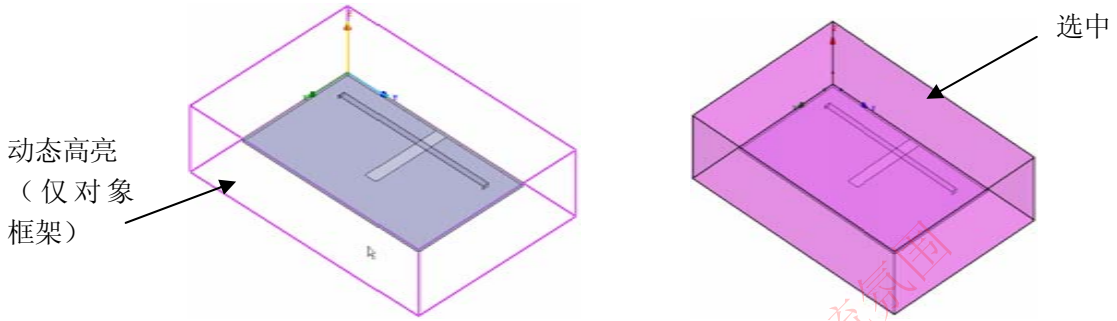
二）选择模式

1. **全部对象（All Objects）**

2. **全部可见对象（All Visible Objects）**
3. **由名称（By Name）**

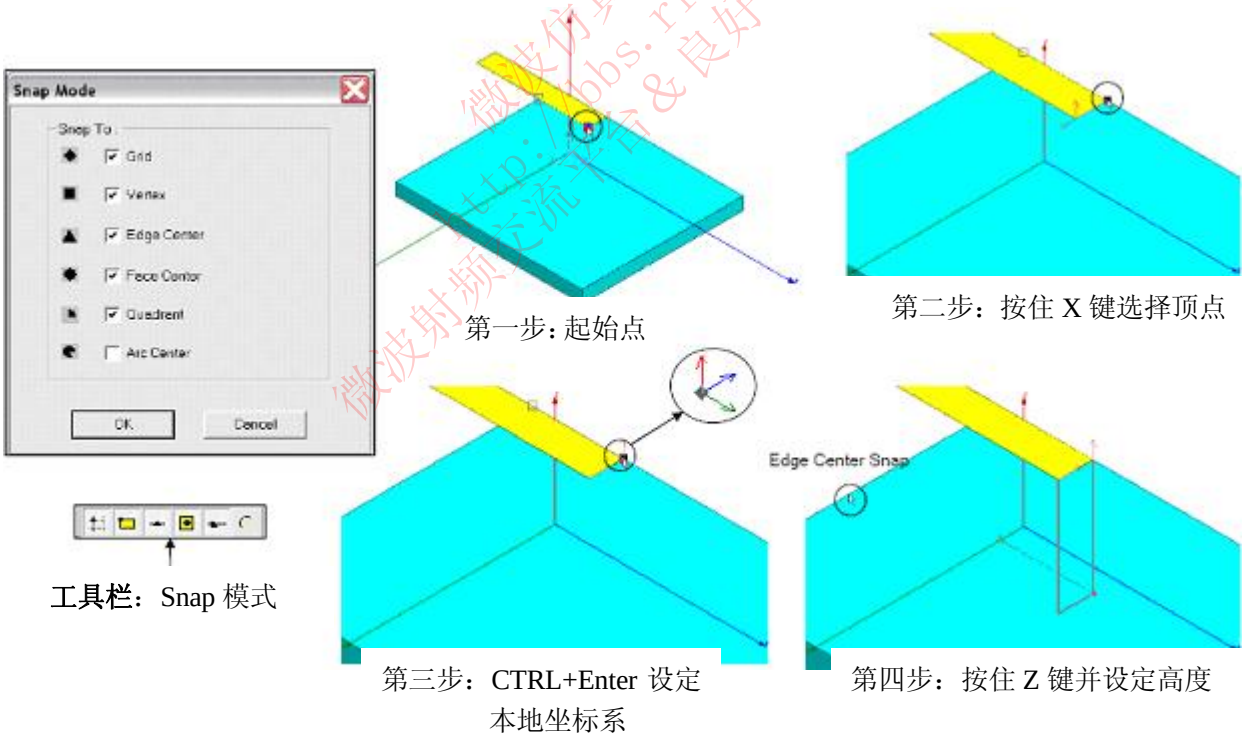
三）高亮动态选择（Highlight Selection Dynamically）－默认设置，当移动鼠标到一个对象时该对象将高亮显示。点击鼠标左键即可选中对象

1. **多个对象选择**－按住 CTRL 键点击所要选择的多个对象
2. **后一个（Next Behind）**－选择另一个对象后面的某个对象，选择前面的对象后，点击 b 键即可得到下一个。注意：鼠标的放置必须使后一个对象在鼠标下方
3. **使无效（To Disable）**：选择菜单栏中*工具（Tools）>选项（Options）>三维处理器选项（3D Modeler Options）*。从**取消（Disable）**标签，勾除**高亮动态选择（Highlight Selection Dynamically）**项。



F. 11.1.50

七、围绕移动（Moving Around）



F. 11.1.51

八、坐标系（Coordinate System）

一）可以用参数表示

二）**工作坐标系（Working CS）**

当前选择的坐标系，可以是本地坐标系也可以是基本坐标系

三）**基本坐标系（Global CS）**

默认的固定坐标系

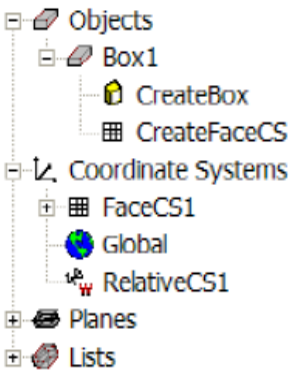
四）**相对坐标系**

使用者自定义的本地坐标系

1．移动（Offset）

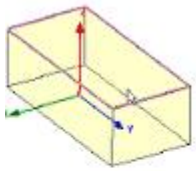
2．旋转（Rotated）

3．全部（Both）

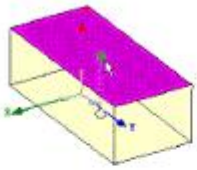


工具栏：坐标系

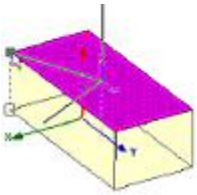
五）面坐标系（Face CS）（在三维模型处理器选项中设定可以自动转到面坐标系）



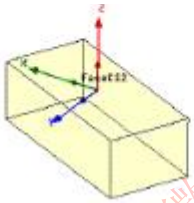
第一步：选择面



第二步：选择原点

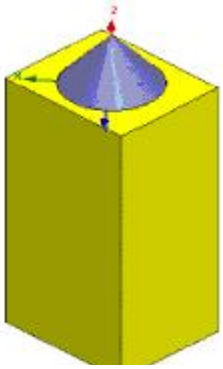


第三步：设定 X 轴



第四步：新的工作坐标系

用面坐标系创建圆锥



改变盒子尺寸后圆锥还是自动位于盒子上表面

F. 11.1.52

HFSS 的矩阵数据（Matrix Data）

HFSS>结果（Results）> 数据（Solution Data）

一、输出

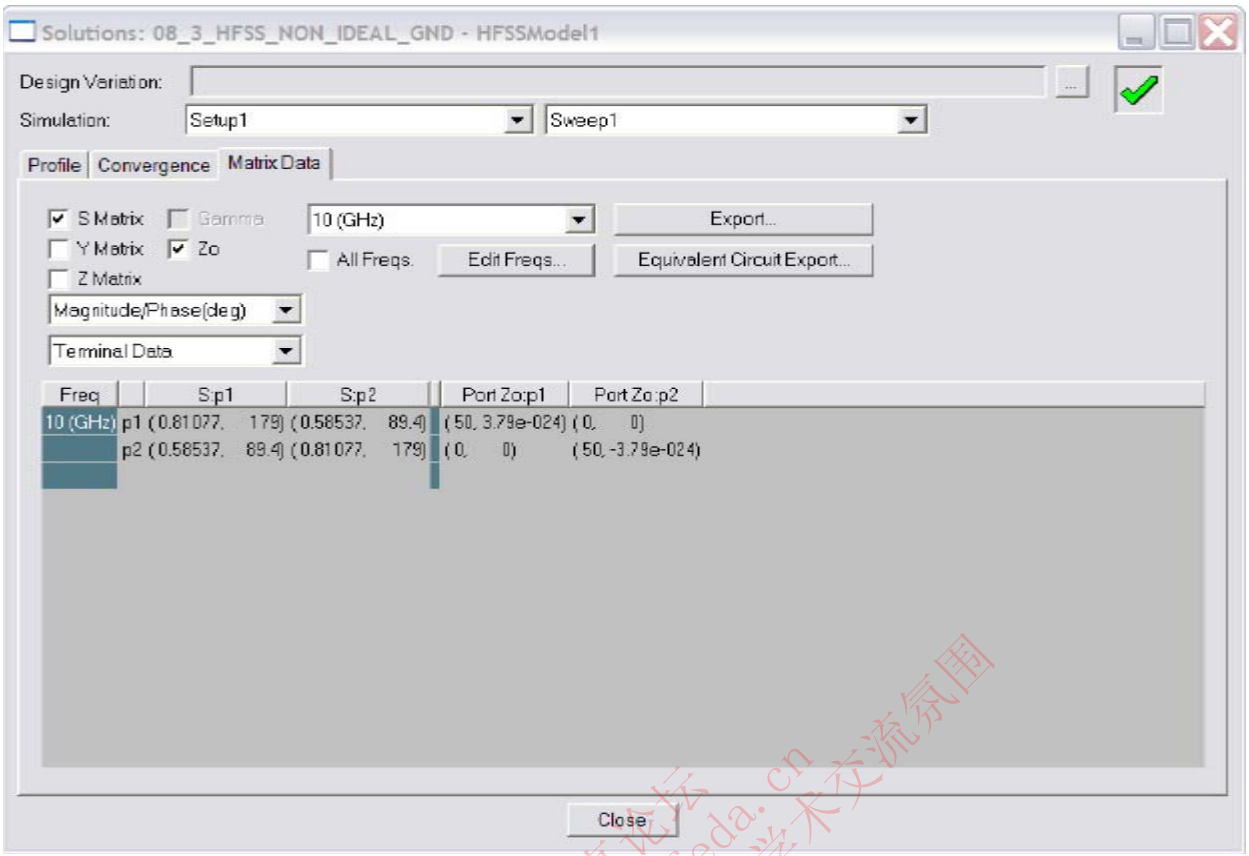
NMF, Touchstone, Data Tables, Citifile, MATLAB (*.m)

注意：确定在输出前仿真程序设定了一个扫描。自适应程序只能输出单频点数据。

二、等效电路输出

HSPICE, PSPICE, Spectre, Maxwell SPICE

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 11.1.53

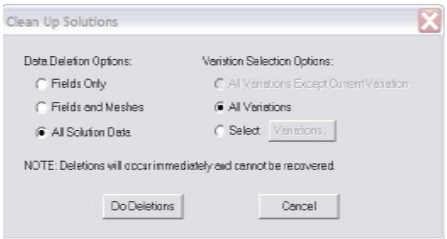
结果（Results）

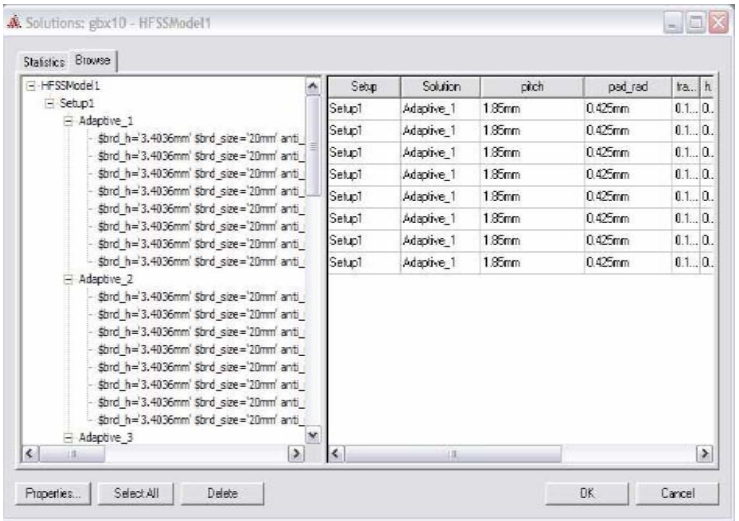
一、数据处理

一）***HFSS>结果（Results）>浏览运算（Browse Solutions）***

求解的模型变化被控制，除非 HFSS 另有说明。

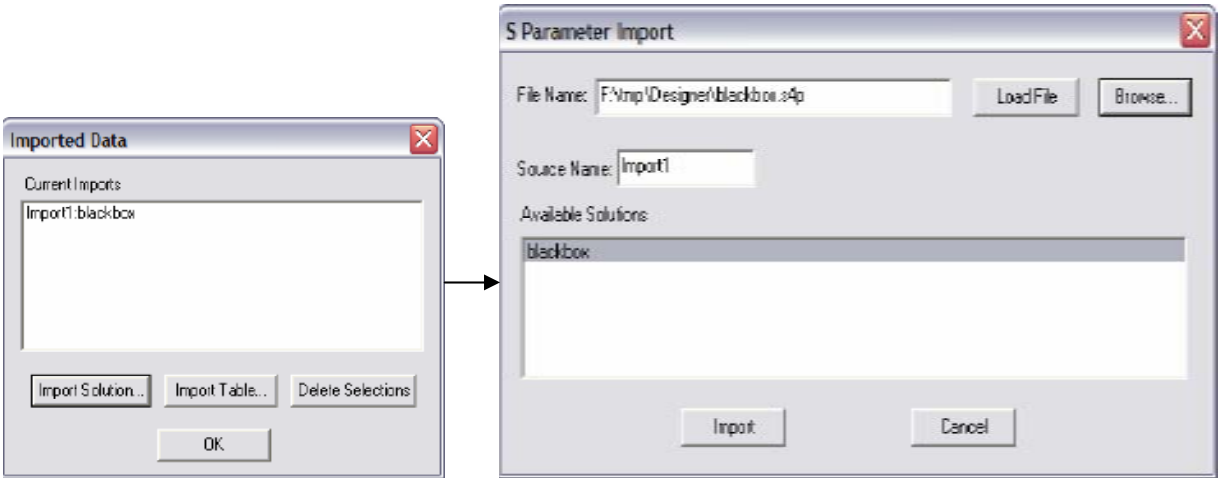
二）***HFSS>结果（Results）>清除运算结果（Clean Up Solutions）***





F. 11.1.54

三）***HFSS>结果（Results）>输入运算结果（Import Solutions）***



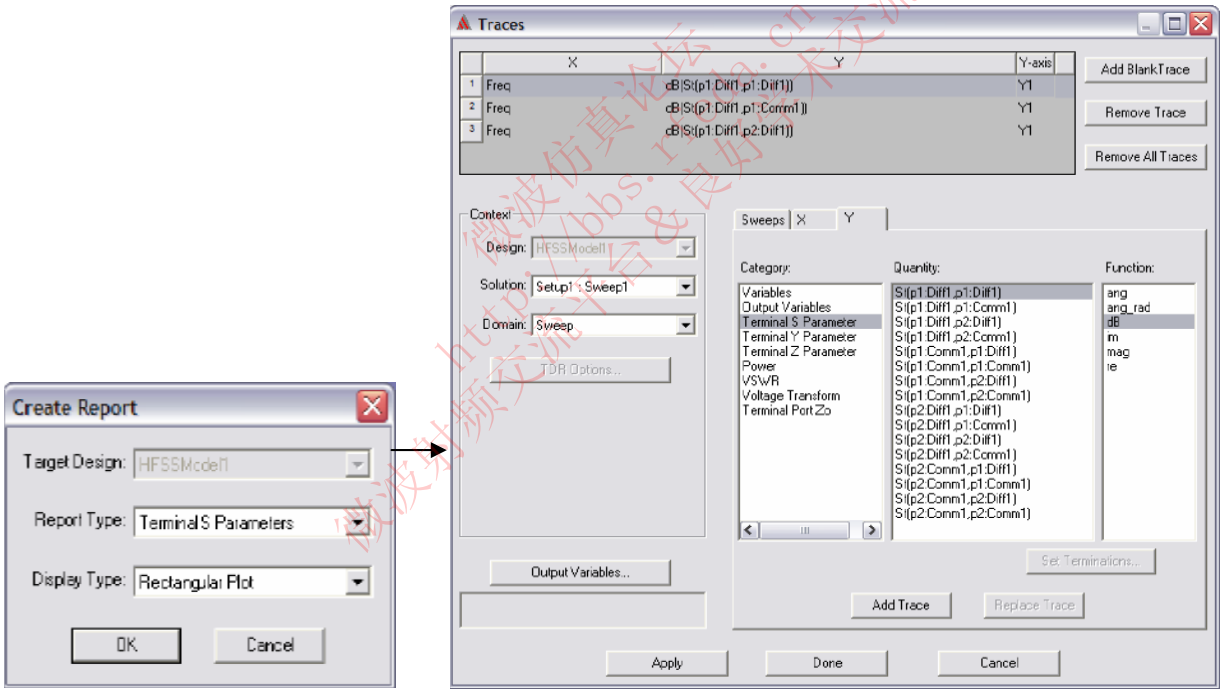
F. 11.1.55

二、创建报告

HFSS>结果（Results）>创建报告（Create Report）

输出变量

可用使用者定义方程



F. 11.1.56

场

一、选择对象的体积，表面和直线以显示场

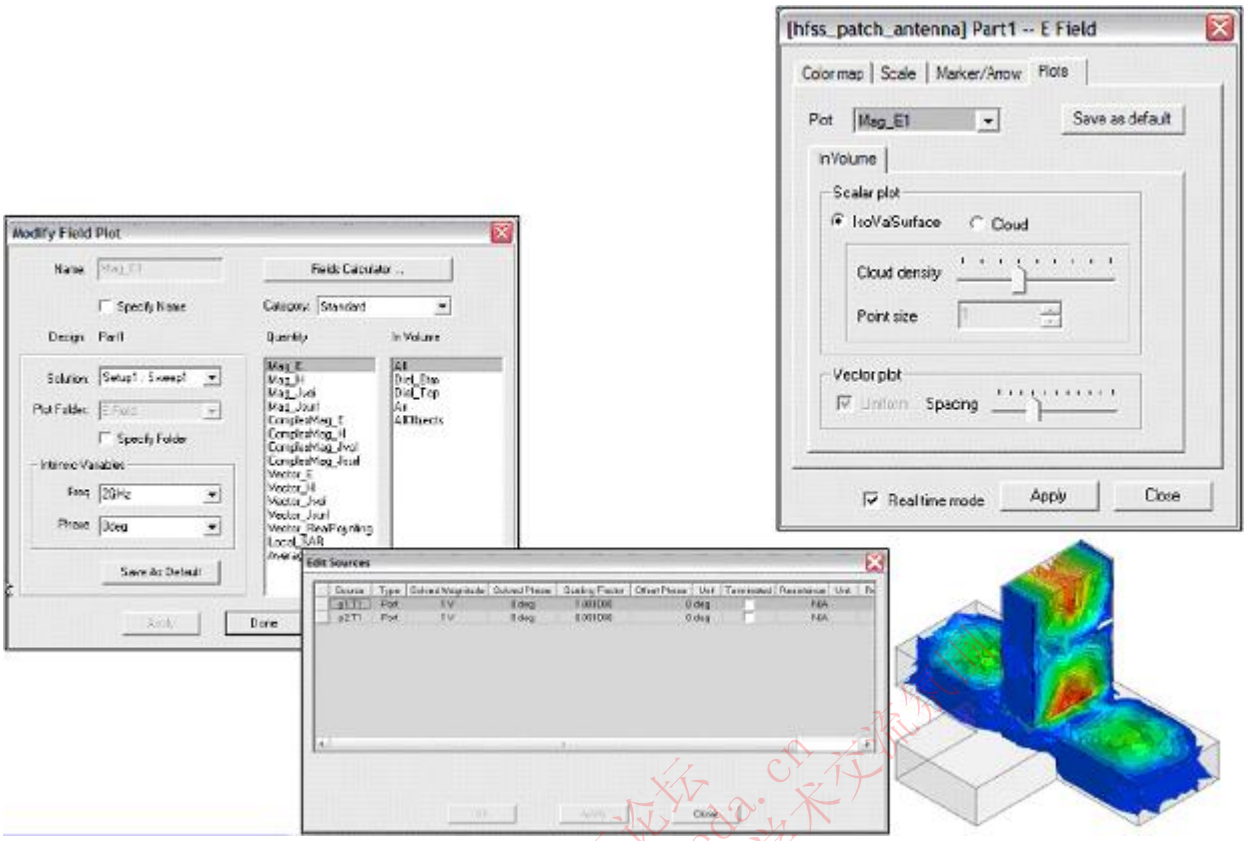
二、***HFSS>场（Fields）>绘制场（Plot Fields）>***

三、修改场（Modify Plot）—求解（Solution）/频率（Frequency）/Qty

四、绘图属性（Plot Attributes）

五、编辑来源（Edit Sources）—更改激励

F. 11.1.57

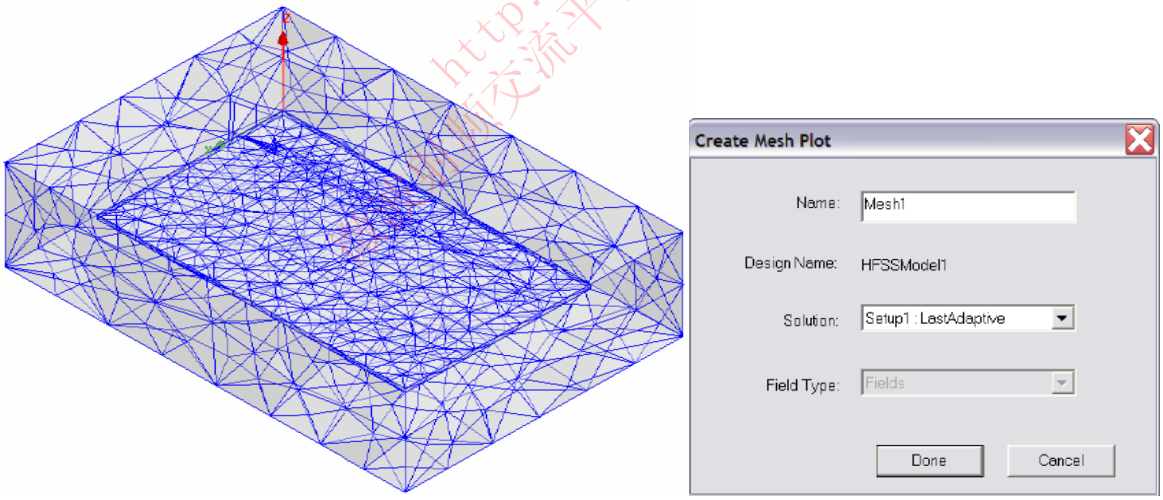


网格显示

场叠加

一、选择一个对象

二、选择菜单栏中 ***HFSS>场（Fields）>绘制网格（Plot Mesh）***



F. 11.1.58

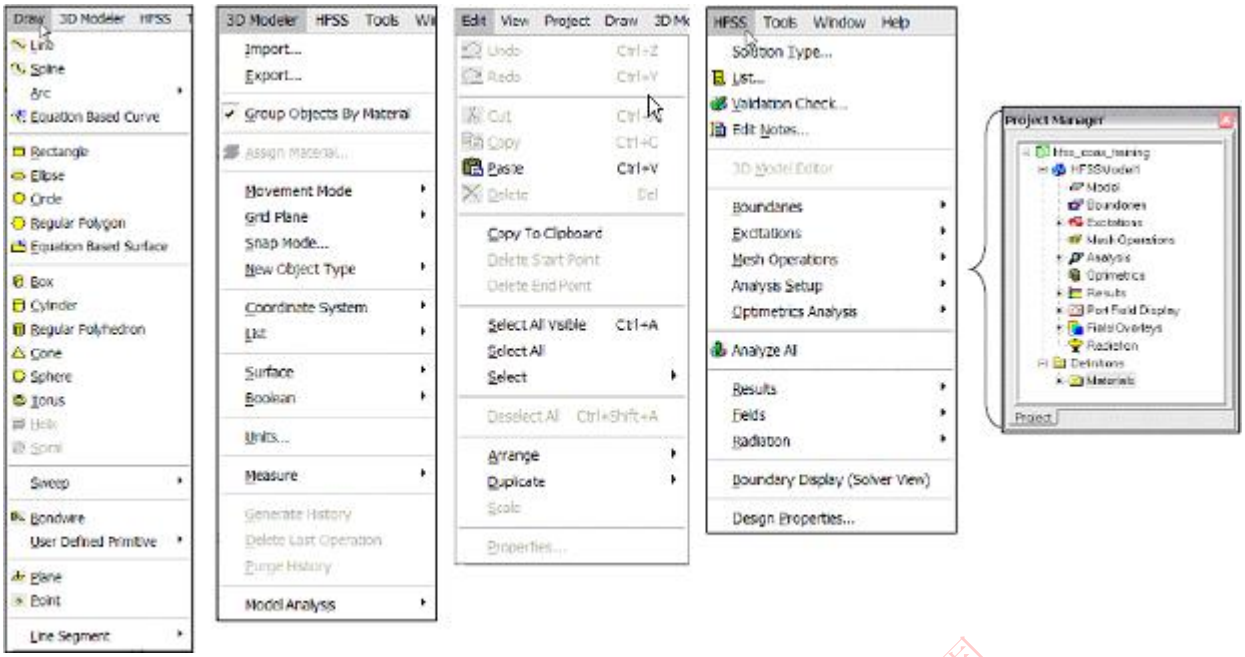
菜单结构

一、**绘图（Draw）**－基元

二、**三维模型处理器（3D Modeler）**－设定和逻辑操作

三、**编辑（Edit）**－排列，复制

四、**HFSS**－边界，激励，网格操作，分析设定，结果



F. 11.1.59

测量（Measure）

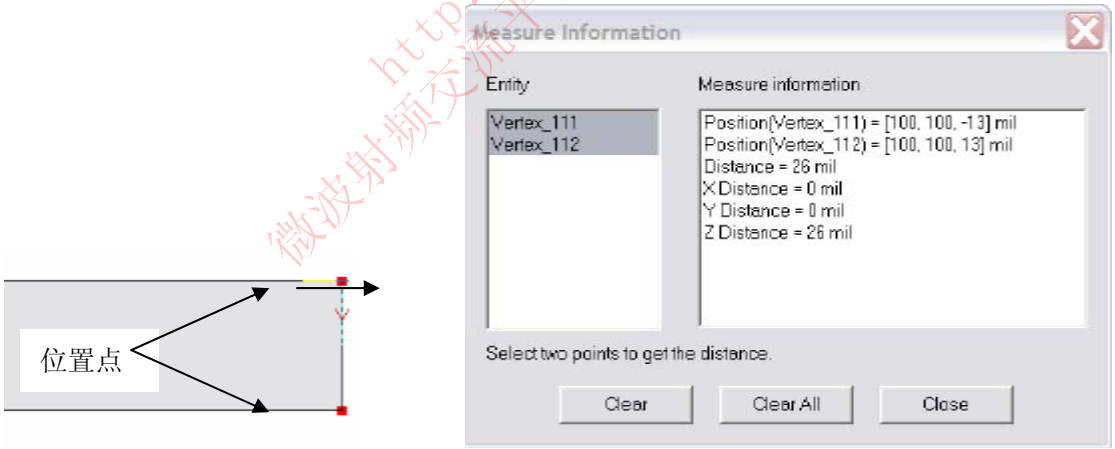
三维模型处理器（3D Modeler）>测量（Measure）>

一、**位置（Position）**－点和距离

二、**长度（Length）**－边的长度

三、**面积（Area）**－表面面积

四、**体积（Volume）**－对象体积



F. 11.1.60

选项（Options）

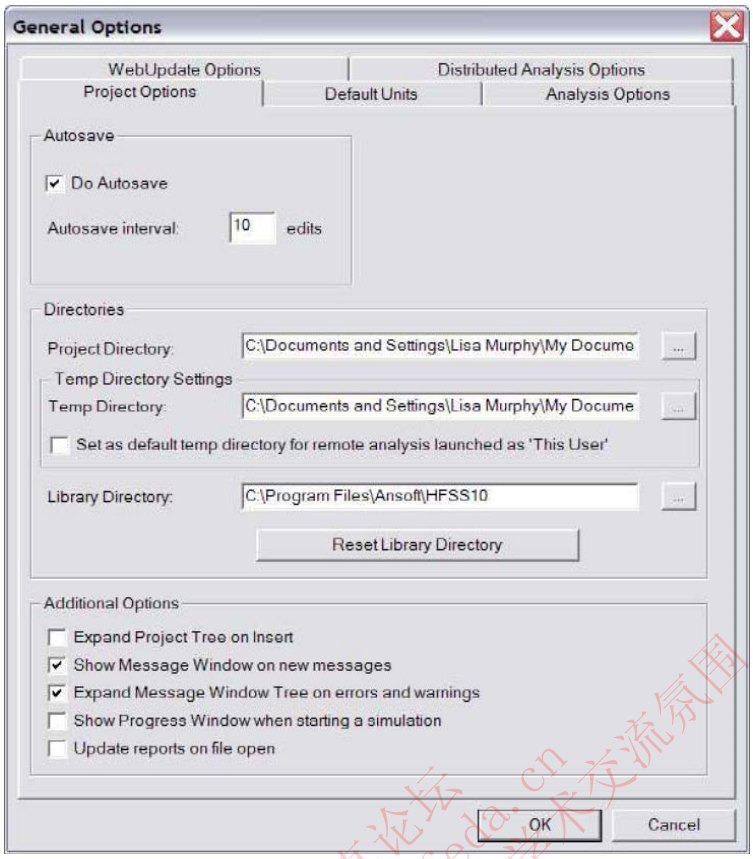
一、一般（General）

工具（Tools）>选项（Options）>一般选项（General Options）

临时目录（Temp Directory）－求解进程中使用

注：最少需要 512 M 的硬盘空间。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



F. 11.1.61

二、HFSS 选项

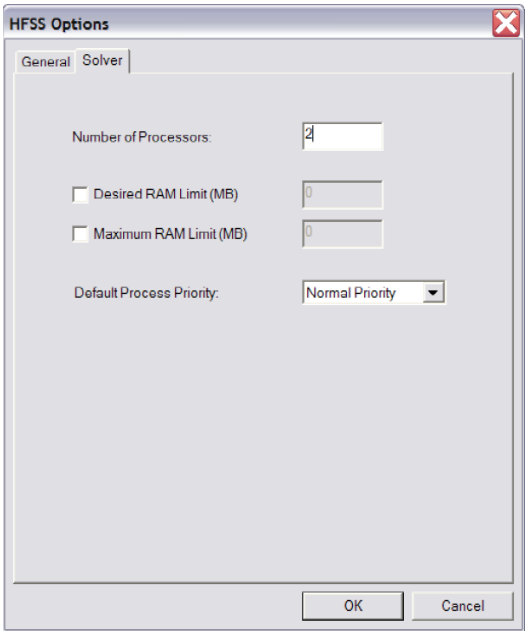
工具（Tools）>选项（Options）>HFSS Options>Solver

一）微处理器数量－需要额外许可

二）所需 RAM 极限－不需检核，待自动检测

三）最大 RAM 极限－不需检核，待自动检测

四）进程优先－设定仿真优先从临界（最高）到闲置（最低）



F. 11.1.62

转换（Convert）旧的 HFSS 项目（HFSS v9 之前版本）到 HFSS v10

在 v10.0 中，

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一、选择菜单栏中*文件（File）>打开（Open）*

二、打开（Open）对话框

一）文件类型（Files of Type）：**Ansoft Legacy EM Projects (.cls)**

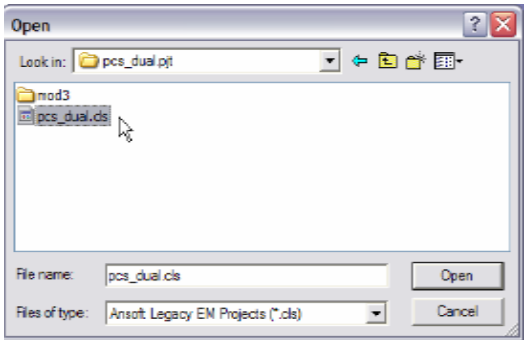
二）找到已存在的项目并选择.cls 文件

三）点击**打开**按钮

三、可转换类型（Convert）？

一）转换整个模型：几何形状（Geometry），材料（Materials）边界（Boundaries），源（Sources）和设定（Setup）

二）求解（Solutions），项目优化（Optimetrics projects）和宏（Macros）未被转化



F. 11.1.63

Legacy 许可

HFSS v9.2.1 顾客将收到 legacy 许可和新的 v10.0 许可。

一、这些许可允许同时使用 v10.0 或 v9.2.1

二、联系你的帐户经理，如果这项功能还不具备

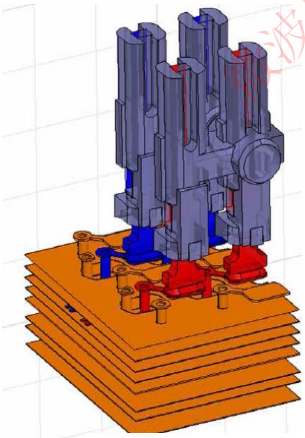
三、**注意**：一旦一个项目在 v10 中被保存，就不能再被 v9 打开

HFSS v10 的增强作用（Enhancements）

从输入复杂的固体模型到 HFSS 分析是一个多步骤的进程，每一步都扮演了非常总要的角色

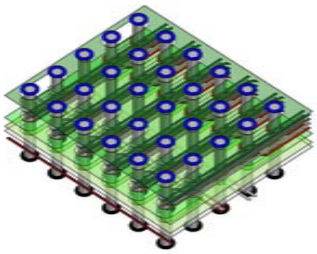
输入（import）->修补（healing）->网格生成（meshing）->模型分解（model resolution）->分析（analysis）

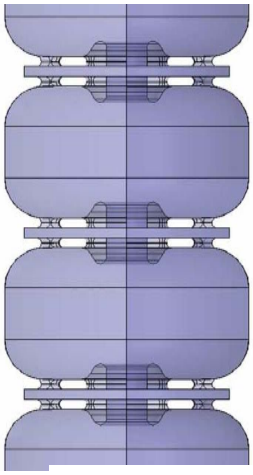
一、运用包括



复杂连接器

高速 PCB 板





微波设备

F. 11.1.64

二、修补（Healing）几何形状

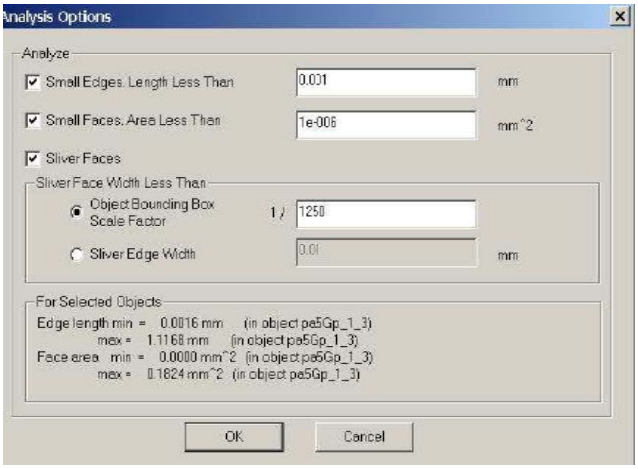
一）关键的编辑功能

自动（Auto）/手动（Manual）输入修补

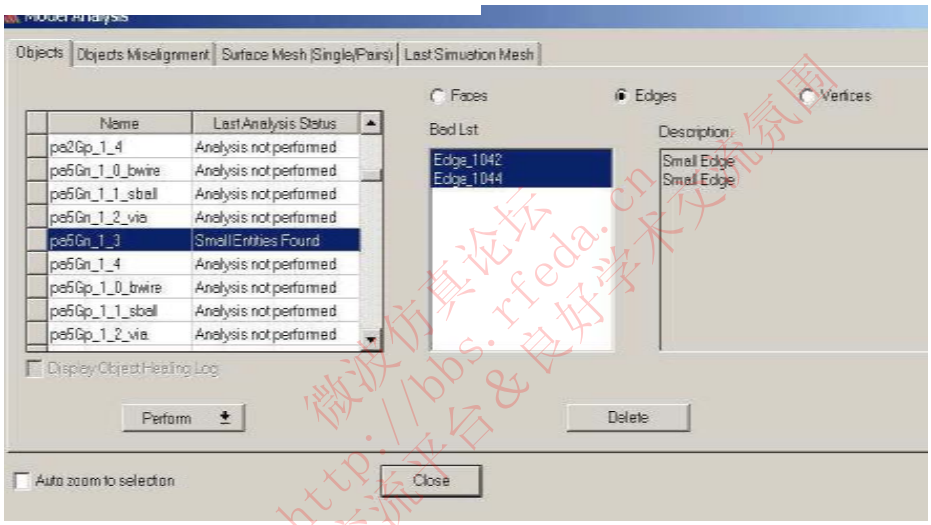
微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围 http://bbs.rfeda.cn 微波仿真论坛

二）三维模型分析－3D Modeler/Analyze

1. 基于使用者输入值的面，对象，面积分
2. 问题表（面，边，顶点）
3. 自动放大问题区域
4. 移除面
5. 移除边
6. 移除条片（Sliver）
7. 移除顶点



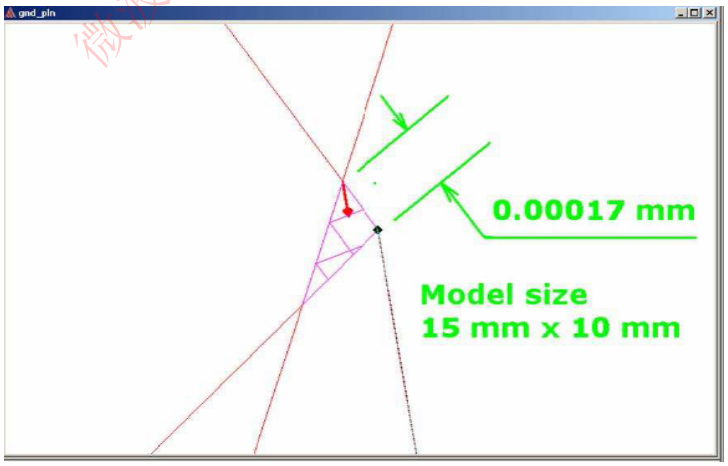
F. 11.1.65



F. 11.1.66

三、改进的网格生成

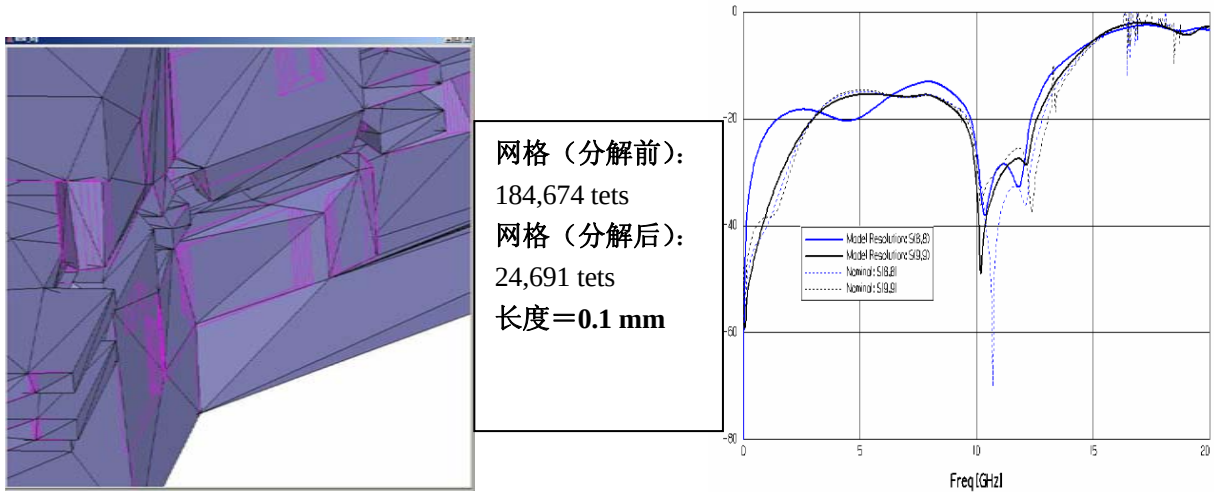
网格生成的算法有重要改进



F. 11.1.67

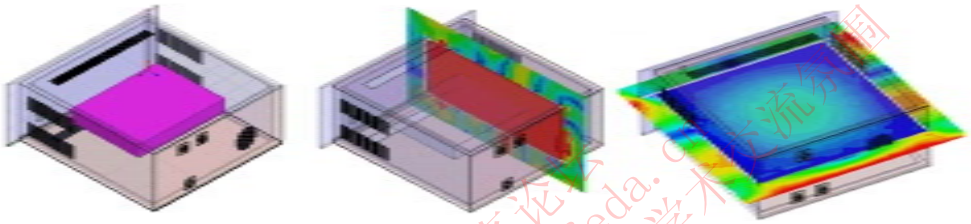
四、模型分解（Model Resolution）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



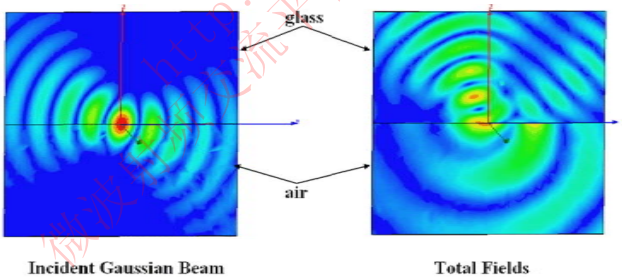
F. 11.1.68

五、HFSS 和 Designer/Nexxim 及 SIWave 之间新的动态连接



F. 11.1.69

六、新的输入波选择：球面波（Spherical），圆柱波（cylindrical），直线偶极子（line dipole），高斯波速（Gaussian beam），等等



F. 11.1.70

七、分布式求解（Distributed Analysis）

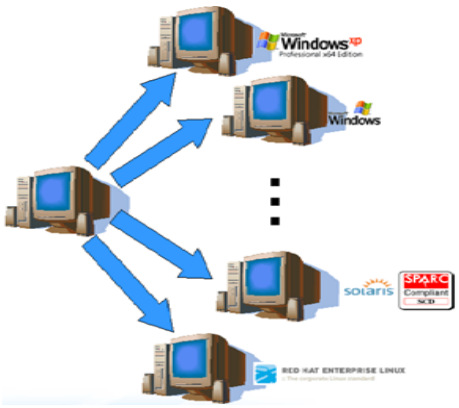
一）图形表示的使用者介面允许使用者为分析任务选择计算机地址

二）自动的算法管理和数据重组

三）参量化的表格和研究

四）非连续（discrete），快速（fast），和插入式（interpolating）的扫拼

五）对每个许可证，最多允许 10 个并行的仿真程序在远端机器运行，可近乎线性地减少仿真次数



F. 11.1.71

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

推荐使用的维护包（SP）－仅针对 PC 用户

Microsoft Windows XP －SP2 或更高
Microsoft Windows 2000 – SP4 或更高

升级驱动

升级你的 DirectX 驱动到 ver9.0c
http://www.microsoft.com/directx
从你的供应商那里升级你的显卡驱动到最新版

HFSS v9.2 的内存分配

HFSS v9.2 安装口你的 PC 可以最高访问 3GB 的内存
所有关于 3GB switch，支持的操作系统
http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;en-us;291988
如何使用 3GB switch
http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/ddtools/hh/ddtools/bootini_1fcj.asp
可能出现的问题
http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;en-us;328269

HFSS v10 加强了内存分配

当 HFSS v10 安装到一个 64 位操作系统上后，理论上没有内存访问极限。实际上根据硬件条件最多可以访问 32GB 的内存

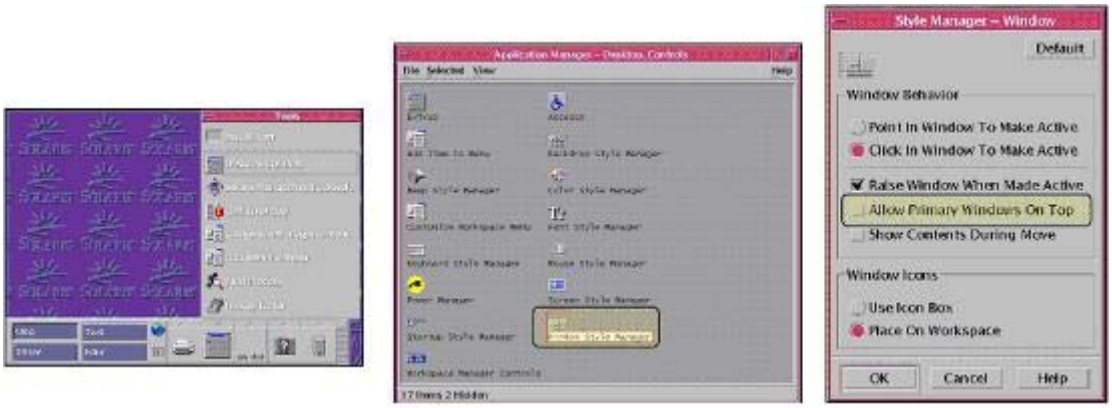
Unix 操作系统

一、HPUX 11.0
二、Solaris 2.8 和 2.9
注意：需要 OpenGL
注意：请务必完成所需要的完成的操作系统升级，见光盘上的 readme 文件的下划线部分

普通工作台（CDE）

HFSS 对话框移动时可能在主窗口后面。按照下面的指示可以避免这种情况：
1. *工具（Tools>工作台控制（Desktop Controls）*
2. 选择*窗口风格管理器（Window Style Manager）*
3. 从风格管理器－Window
   勾除允许主窗口在最上面（Allow Primary Windows on Top）

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围



F. 11.1.72

项目文件（Project Files）

一、所有项目相关东西都存在一个 ascii 文件

一）文件：**<项目名>.hfss**

二）在 Windows 资源管理器里双击文件名将打开 HFSS v10

二、结果（Results）和网格（Mesh）都被存放在**<项目名>.hfssresults 文件夹**

三、锁定文件：**<项目名>.lock.hfss**

当一个项目打开同时生成

四、自动保存文件：**<项目名>.hfss.auto**

恢复时，软件仅检查日期

一）当保存自动文档时出现错误，日期会比初始的更新

二）检查文件大小（见恢复对话框）

Scripts

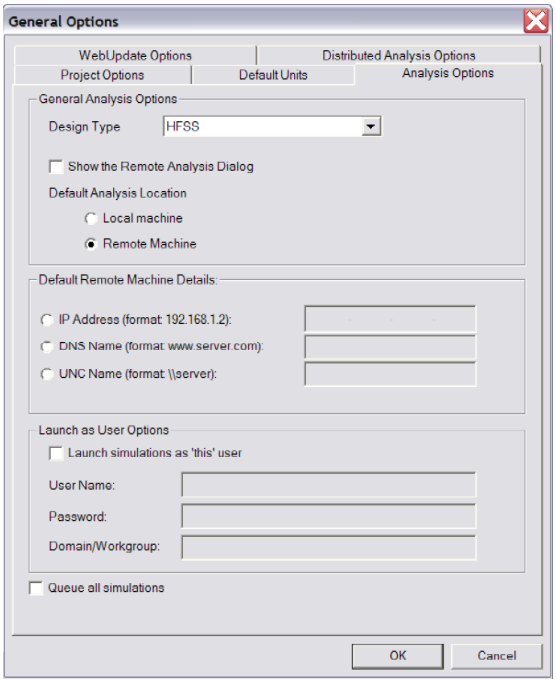
V10 默认的 Script

Visual Basic Script

远程求解（仅针对 Window 用户）

工具（Tools）>选项（Options）>通用选项（General Options）>分析选项（Analysis Options）

使用 DCOM



F. 11.1.73

Ansoft Designer SV

一、Ansoft Designer™ SV 是商业版 Ansoft Designer 一个全功能子集

二、Ansoft Designer SV 包括一个完整的高频线性电路仿真器，图形的和格式化的设计输入，强大的

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

设计组件，和后处理过程。都集成在一个非常容易使用的环境下。软件还包括一整套线性分布传输线模式，非连续，有源成分和理想电路元素。

三、Ansoft Designer SV 可以仿真 S，Y，和 Z 参量，群延迟，噪声曲线以及 RF 和微波电路的保护电路。功能包括实时调协，滤波器和 TRL 合成，以及 Smith 工具匹配。后处理包括直角图形，Smith 圆图，极化图和数据表。另外，Ansoft Designer SV 还提供实际范例。

四、**免费下载**：www.ansoft.com/ansoftdesignersv

F. 11.1.74

微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

二 边界与激励

第一节 边界和激励重要性

一、为何边界和激励很重要？

对于大多数的实际问题而言，为了求解麦克斯韦方程需要严格的矩阵方法，例如 Ansoft HFSS 使用的有限元素法（FEM）。

Ansoft HFSS 是用微分形式的麦克斯韦方程来求解波方程的。

为了使这些微分表达式有效，前提是假设场矢量为：

- 单一值
- 有界限
- 连续分布（沿着它们导数方向）

而对于沿介质边界或者源端的前提假设则为：

- 场矢量不连续
- 场矢量导数没有意义

边界条件是通过不连续边界来决定了场行为性质的。

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot D = \rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

二、为什么我们关心它？

因为它们迫使场沿着边界条件的定义来分布。

作为一个用户，可能会问：

- 关于场，边界条件做了一个怎样的假设？
- 这些假设能够近似的被用于仿真的结构吗？

在模型范围方面，为了把实际世界中的无限空间减少为有限的体积，Ansoft HFSS 自动在几何模型的周围表面应用边界——外部边界（Outer boundary），该默认边界为理想 E 边界（Perfect E）。

在模型复杂性方面，为了减少模型的复杂性，可以通过应用边界条件进行改善：

- 求解时间
- 电脑资源配置

如果不能理解边界条件，那么可能导致仿真结果和实际结果的不一致。

三、Ansoft HFSS 边界条件的共同点

激励方面：
- 波端口（外部）
- 集总端口（内部）

表面近似方面：
- 理想E或者理想H表面（Perfect E or Perfect H Surface）
- 有限导体表面（Finite Conductivity Surface）
- 阻抗表面（Impedance Surface）
- 对称表面（Symmetry Surface）
- 辐射表面（Radiation Surface）

} 用户有责任正确定义

材料属性方面：
- 两种电介质之间的边界
- 一个导体的有限导电性

} 对用户非常明确

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

第二节、表面近似

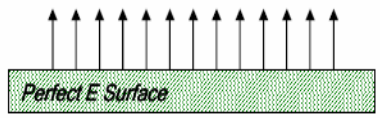
Ansoft HFSS 对于表面的近似处理有以下几种方式：

一）理想 E（Perfect E）

理想 E 表面是迫使电场垂直于表面的近似方式，如右图。

外部表面（Outer Surface）和理想导体材料属性（PEC）都被默认处理为该表面。

理想 E 表面通过消除导体损耗来减小模型复杂性。



二）理想 H（Perfect H）

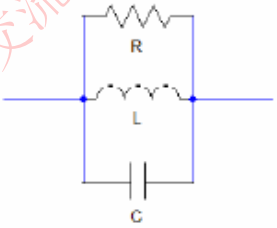
理想 H 表面是迫使磁场相切于表面的近似方式，如右图。

三）有限导体（Finite Conductivity）

有限导体表面是有损电导体。它迫使电场在表面相切于 $Z_S(n\times H_{\tan})$，它的表面阻抗（Z_S）等于 $(1+j)/\delta_\sigma$。有限导体表面通过消除导体厚度来减小模型复杂性。

四）阻抗表面（Impedance Surface）

阻抗表面代表表面有一个已知阻抗。它迫使电场在表面相切于 $Z_S(n\times H_{\tan})$，它的表面阻抗（Z_S）等于 R_s+jX_s（欧姆/平方，Ohms/Square）。阻抗表面分为：分层阻抗（Layered Impedance），在多薄层结构中模型模拟为阻抗表面；集总 RLC（Lumped RLC），定义为 R、L、C 并联的表面，如下图。

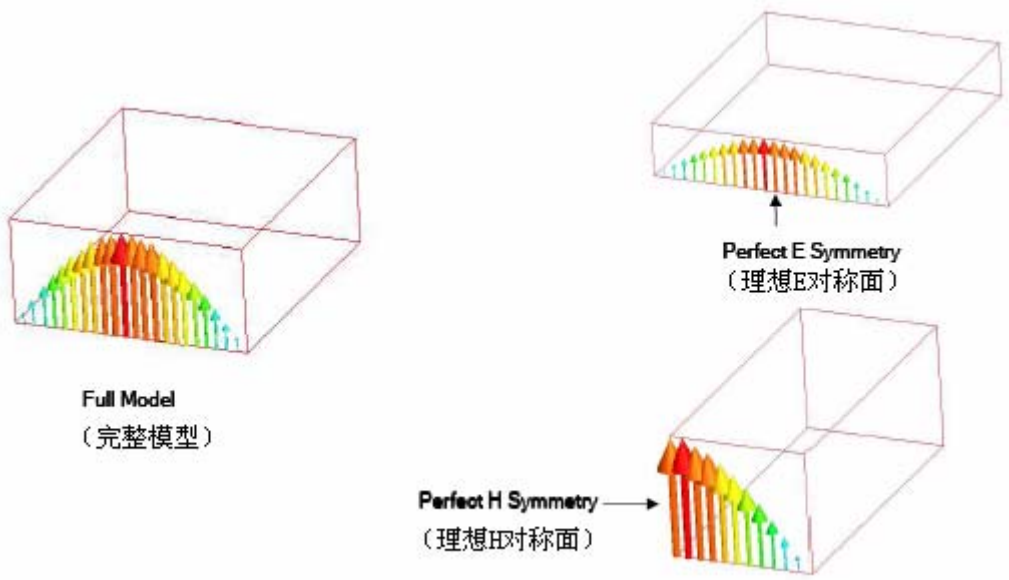


五）对称平面（Symmetry Planes）

对称平面允许你只对结构的一部分进行建模。对称平面分为理想 E 或者理想 H 对称平面。此时表面必须暴露于外表面（outer surface），而且必须在一个平坦表面内定义。但是必须注意：几何对称不等于电性对称。对称平面通过消除部分求解体积来减小模型复杂性。下图是完整模型和对称面模型的示意图。

微波射频交流平台&爱好者技术交流氛围
http://bbs.rfeda.cn
微波仿真论坛

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



六）辐射表面（Radiation Surface）

辐射表面允许波辐射到无限远的空间中。且在辐射表面，边界会吸收波。辐射表面可以指定在任意表面上。辐射表面仿真精度依赖于：边界和辐射物体之间的距离，即辐射边界应该置于距离辐射体至少 1/4 波长的地方。如果你仿真一个没有辐射的结构体，边界可以置于少于 1/4 波长的地方（假设的有效性需要依据你的工程经验来判断）；入射角，即辐射边界将会反射大量的能量，这依赖于入射角。最佳性能是在垂直入射下得到，故应该避免入射角度大于 30 度。此外，辐射边界必须保留和入射波有关的凸面（convex）。

七）理想匹配层（PML）

理想匹配层允许波辐射到无限远的空间。但是这不是一个边界条件。PML 假设的材料会完全吸收碰撞上它们的电磁场，且这些材料是各向异性的。PML 的类型有：自由空间终端或者反射自由终端。PML 仅仅能够被置于平坦表面。在模型复杂性方面，它们不会受到辐射边界距离或者入射角问题的影响，但是应该被置于至少距离强辐射体 1/10 波长的地方。

八）无限地平面（Infinite Ground Planes）

仿真无限地平面造成的影响。在后处理中，仅仅影响近场或者远场辐射的计算。无限地平面的类型有：理想 E，有限导体，或合阻抗表面。

以下边界的参数可以使用包含频率（Freq）的表达式来赋值：有限导体边界，阻抗边界，集总 RLC 边界，层阻抗边界。而支持的频率扫描类型有：单点频率，离散频率扫描和插值频率扫描。

第三节、激励

端口是边界条件的唯一类型，它允许能量流进或者流出一个结构体，而且是定义在二维（2D）平坦表面上。任何端口解算器都是在假定的一个半无限长的波导上计算自然的场模式，且该波导与端口表面有相同截面和材料属性的。此外，端口解算器还将 2D 场模式作为全三维（3D）问题的边界条件。

RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

一、激励类型

一）波端口（Wave Ports）——外部

波端口推荐只应用于暴露在背景中的表面。它支持多模（例如耦合线）和端口平移（deembedding）方式，还计算频率依赖于特性阻抗（Z_0）的且在每个频率点都完全匹配的通用 S 参数。

二）集总端口（Lumped Port）——内部

集总端口建议只应用于几何模型内部的表面。它只支持单模（TEM）且没有端口平移（deembedding）。它使用用户定义的常数特征阻抗 Z_0 进行归一化。

二、波动方程

波导中行波的场模式可以通过求解**Maxwell**方程获得。下面这个由2D解算器求解的方程，是直接由**Maxwell**方程推出的。

$$\nabla\times\left(\frac{1}{\mu_r}\nabla\times\vec{E}(x,y)\right)-\kappa_0^2\varepsilon_r\vec{E}(x,y)=0$$

其中：

$\vec{E}(x,y)$ 是谐振电场的矢量表达式；

κ_0 是自由空间的波数；

μ_r 是复数相对导磁率；

ε_r 是复数相对介电常数。

求解这个方程后，2D解算器得到一个矢量解 $\vec{E}(x,y)$ 形式的激励场模式。这些矢量解与 z 和 t 无关，只要在矢量解后面乘上 $e^{-\gamma z}$，它们就变成了行波。另外，我们需注意计算出的激励场模式只能在单一频率上有效。对于每一个感兴趣的频率，计算出的激励场模式会不一样。

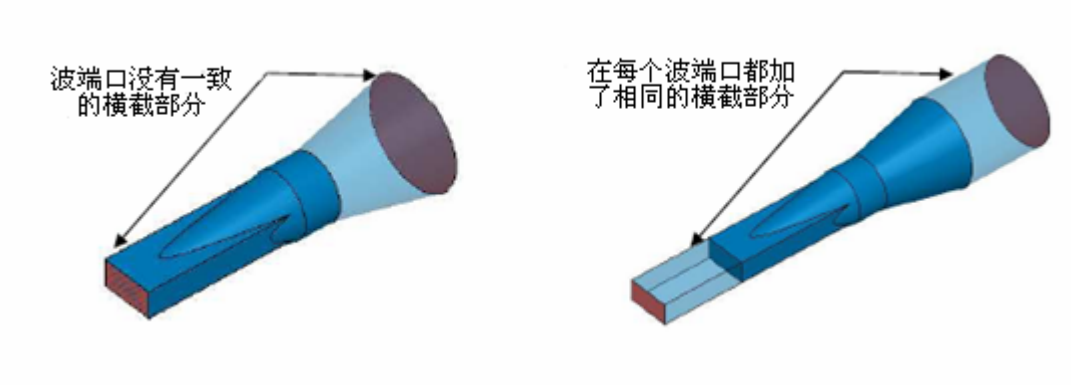
三、模式、反射和传播

在单一模式的信号激励下，三维场的解算结果中仍然可能包含由于高频结构不连续引起的高次模反射。如果这些高次模反射回激励源端口，或者传输到另一个端口，那么和这些高次模相关的 S 参数就必须被计算入内。如果高次模在传播到任何其它端口前，因损耗或者它是非传播模式而造成衰减，那么我们就可以不考虑这些高次模的 S 参数。

四、波端口要求一定长度的同质交截部分

Ansoft HFSS 假定你所定义的每个端口都与一个半无限长波导相连，这个半无限波导具有与波端口相同的交截部分，如下图所示。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



五、波端口边界条件

波端口的边界条件可以设置为以下几种：

一）理想 E 或者有限导体边界

Ansoft HFSS 默认所有外边界都是理想 E 边界。波端口是在一个波导中定义的。对于闭合传输线（同轴或者波导）很方便的设置为波端口。对于非平衡或者非闭合传输线（微带，CPW，Slotline，等等）则很具挑战性。

二）对称或者阻抗边界

在端口边缘设置（Recognized）。

三）辐射边界

默认接口是理想E边界。

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

六、集总端口边界条件

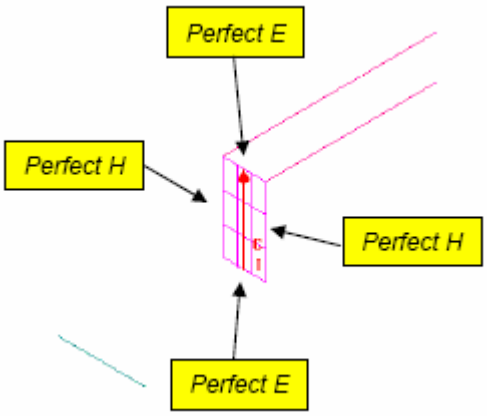
集总端口的边界条件可以设置为以下几种：

一）理想 E 或者有限导体

在任何与导体或者另外一个端口交截的端口边缘设定，如右图所示。

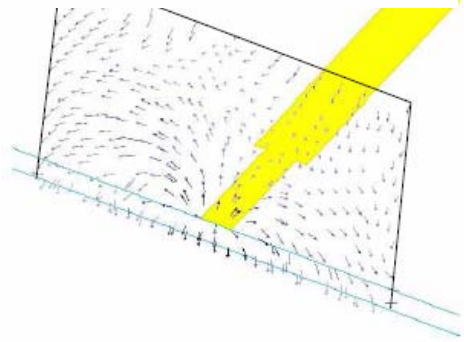
二）理想H

在其他所有残余的端口边缘设定，如右图所示。



七、激励校准

为了保证结果的一致性，端口必须进行校正。校准时需考虑以下问题：场的方向性、极性和电压的计算。校准时有以下相关事项：



一）求解类型: 驱动模式

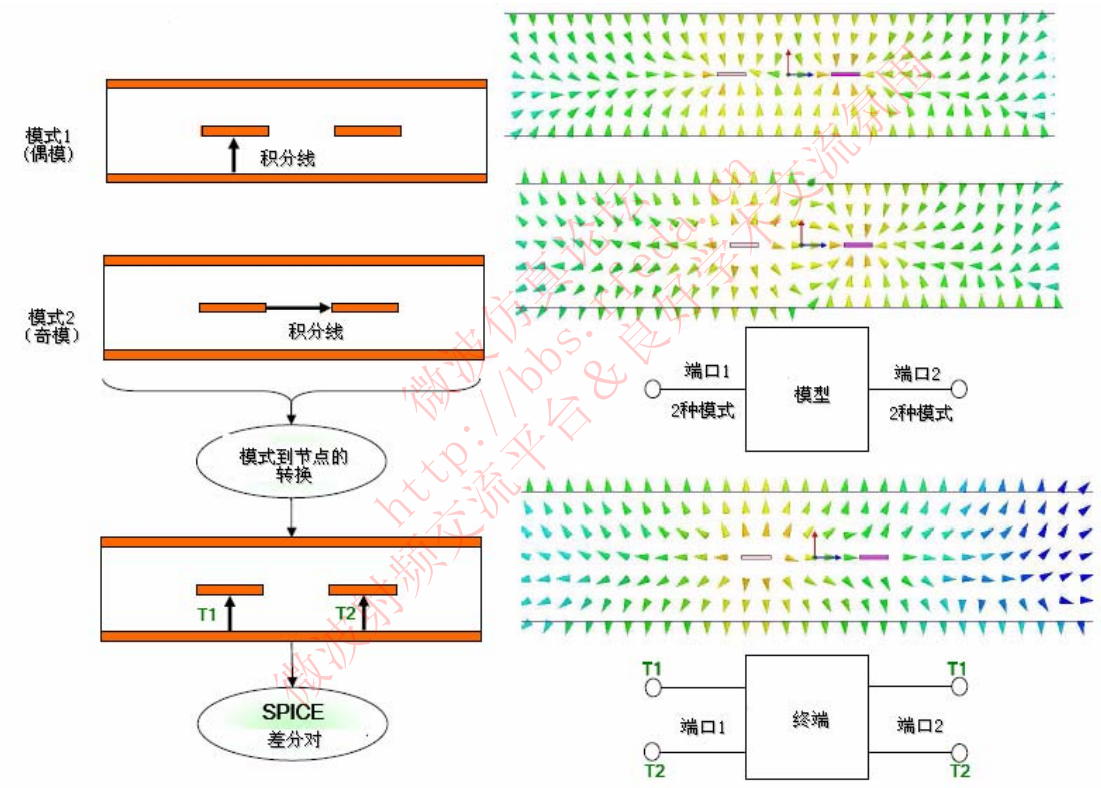
驱动模式是用波导模式的输入和反射功率来表示的。对于含有几个准TEM（quasi－TEM）模式的问题而言（耦合传输线或者多耦合传输线），该定义不是令人满意的。驱动模式是求解器最常用的求解类型。该求解类型的校准方式有：积分线校准和端口间的相位校准。电压模式积分路径有：Zpi（用功率和电流计算特性阻抗），Zpv（用功率和电压计算特性阻抗），Zvi（用电压和电流计算特性阻抗）。

二）求解类型: 驱动终端

驱动终端求解类型反映的是波端口节点电压和电流的线性叠加，是从模式解（Modal Solution）中完成等效转换。该求解类型的校准：终端线，极化,和节点电压积分路径。

八、解算类型实例

下图是解算类型的分解图示。

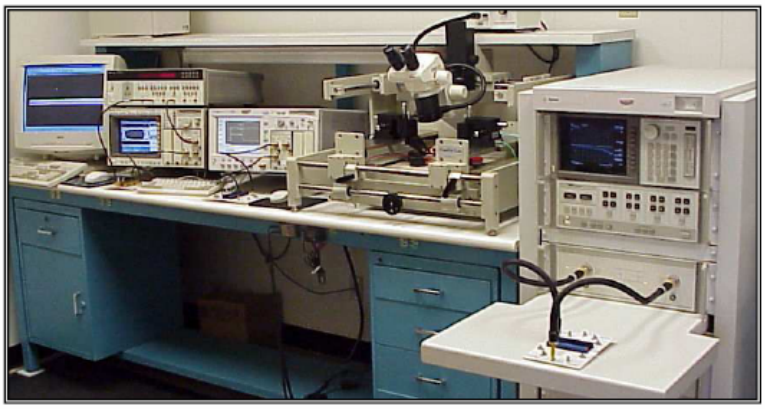


九、边界条件的应用

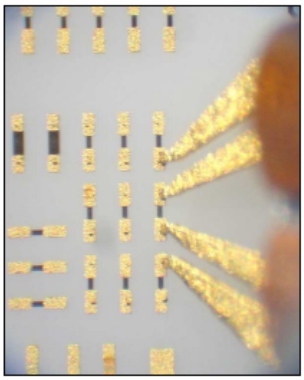
情况 1：

在生产产品前进行验证/确认——效仿实验室测量，如下图所示。

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn



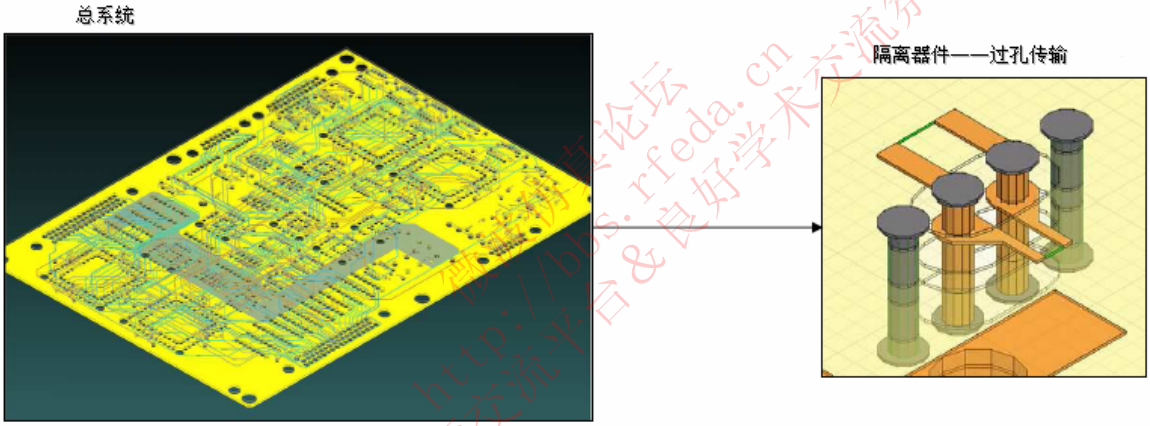
Delphi公司的免费图片



Tektronix公司的免费图片

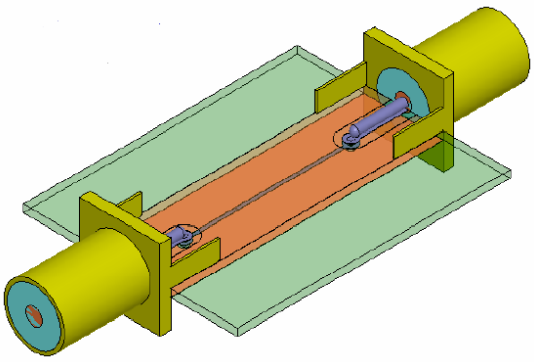
情况 2：

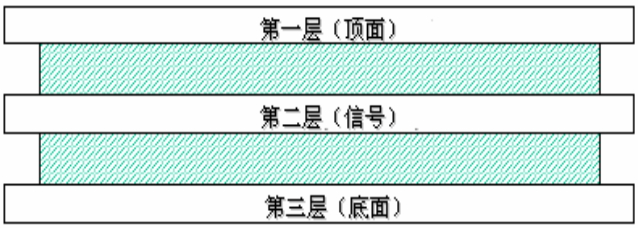
结构体是隔离器件（例如：激励任意传输线）。该隔离部分在实验室是无法用物理方式进行测量的。对于整个系统而言，或因总系统过于复杂，全波分析也是没有必要的。隔离部分常用于设计工作/元器件级的优化和产品后期问题的解决，如下图所示。



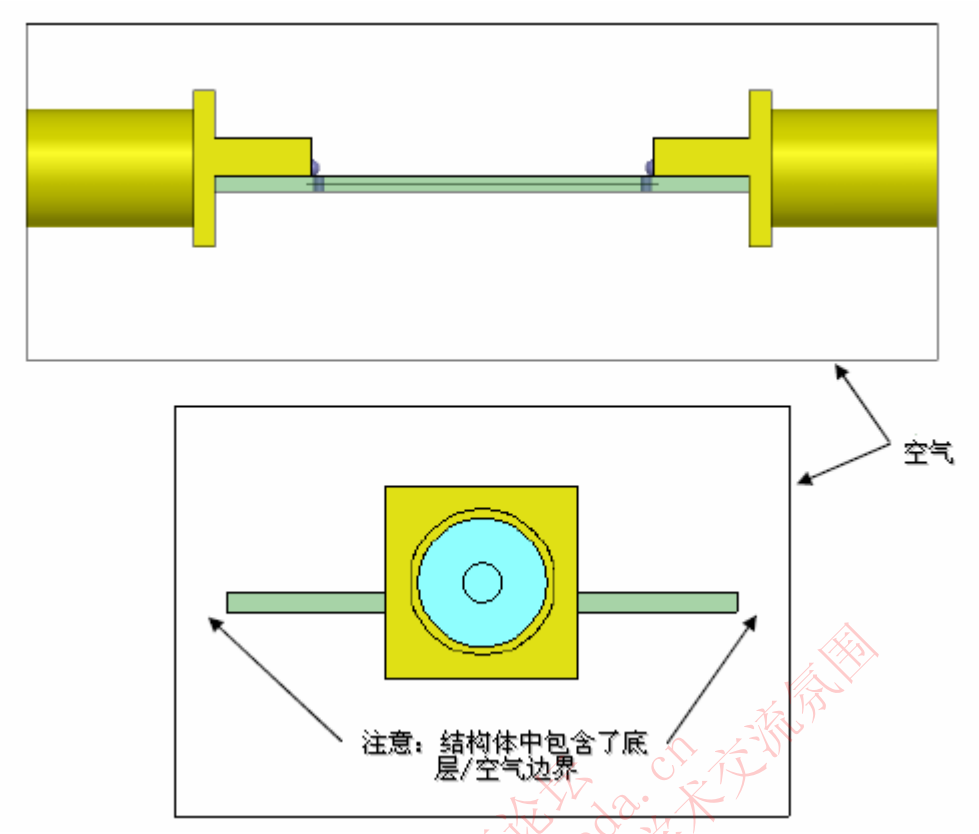
微波射频交流平台&良好学术交流氛围
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

以上情况的结构体实例如下图所示。该例是同轴线到带状线的连接结构。





例子中的所有三维（固体）物体的对材料都必须进行定义。此外，为了完成前面所示的模型的建模，我们必须把围绕结构体的空气也包含入内，如下图所示。



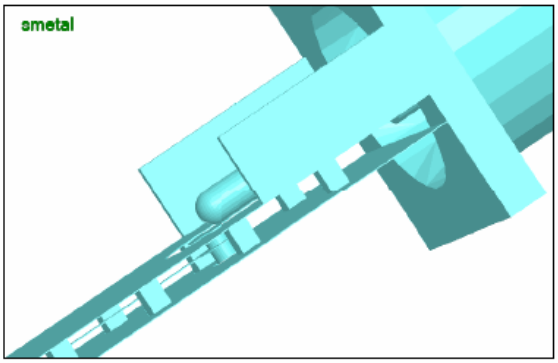
切记：材料边界条件对用户来讲是非常明确的（transparent），而且它们在项目树（Project Tree）中是不可见的。

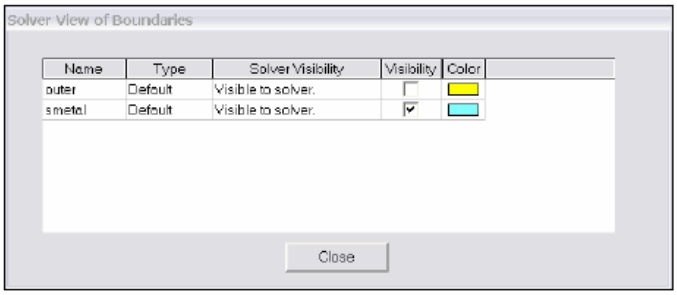
十、材料边界例子

材料边界定义过程是：导体（Conductors）—>表明近似（Surface Approximations）。

对于理想导体过程是，理想导体（Perfect Conductors）—> 理想E边界（边界名称：smetal，如下图）（Perfect E Boundary(Boundary Name: smetal)），该边界条件迫使电场垂直于表面。

对于有损导体，有损导体（Lossy Conductors）—>有限导体边界（Finite Conductors Boundary），该边界条件迫使电场相切于$((1+j)/\delta_\sigma)(n\times H_{\tan})$。如果用户设定了趋肤深度，那么就必须手动设置Ansoft HFSS对损耗导体中小于等于一个趋肤深度的部分进行求解。



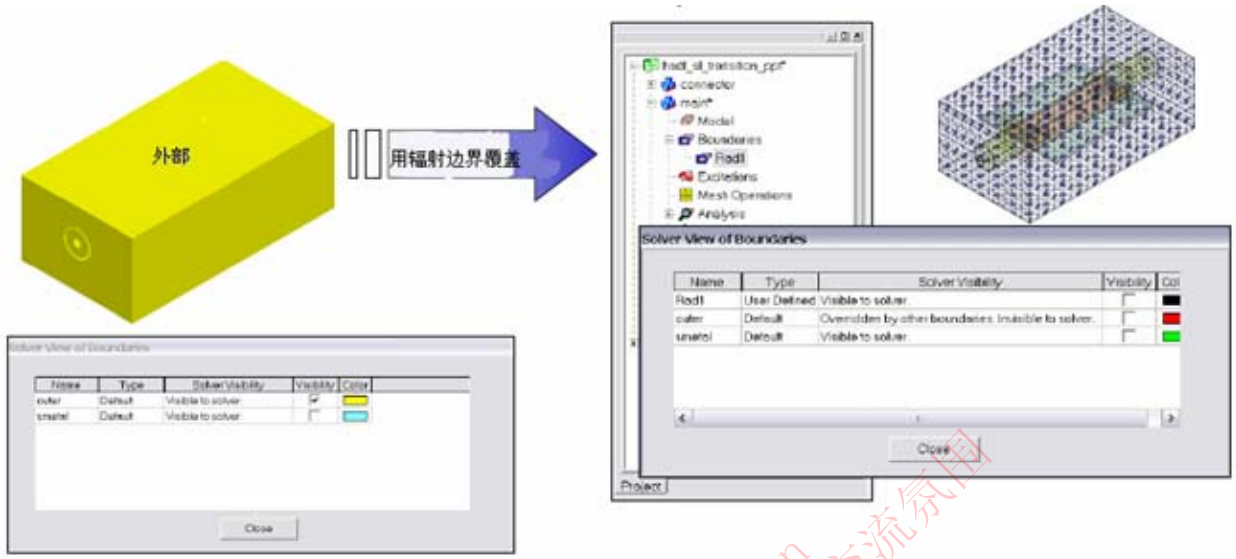


微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

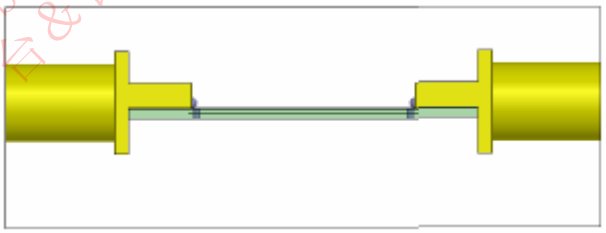
十一、表面近似

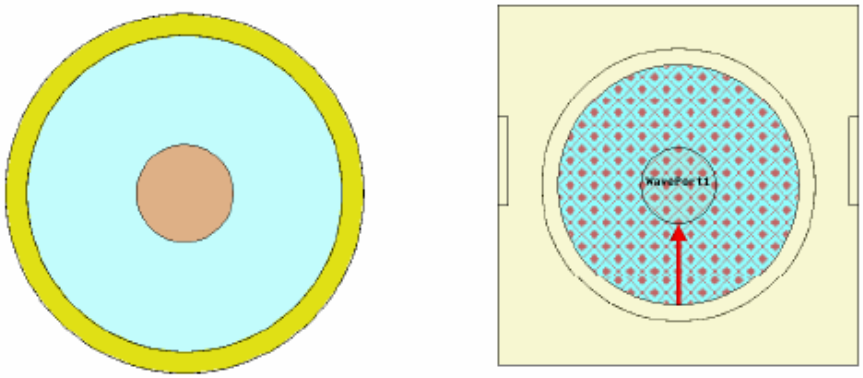
对于背景或者外部边界的表面，它们在项目树中（Project Tree）是不可见的。任何接触背景或者外部表面的物体表面都默认为理想 E 边界（Perfect E Boundary）。这些默认边界应用于围绕几何模型的空间，即模型被一层薄金属层完全包住，任何场都不能穿透该金属层传输到外部。

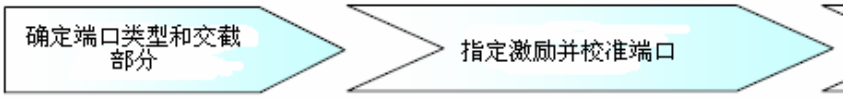


第四节、端口设置的问题

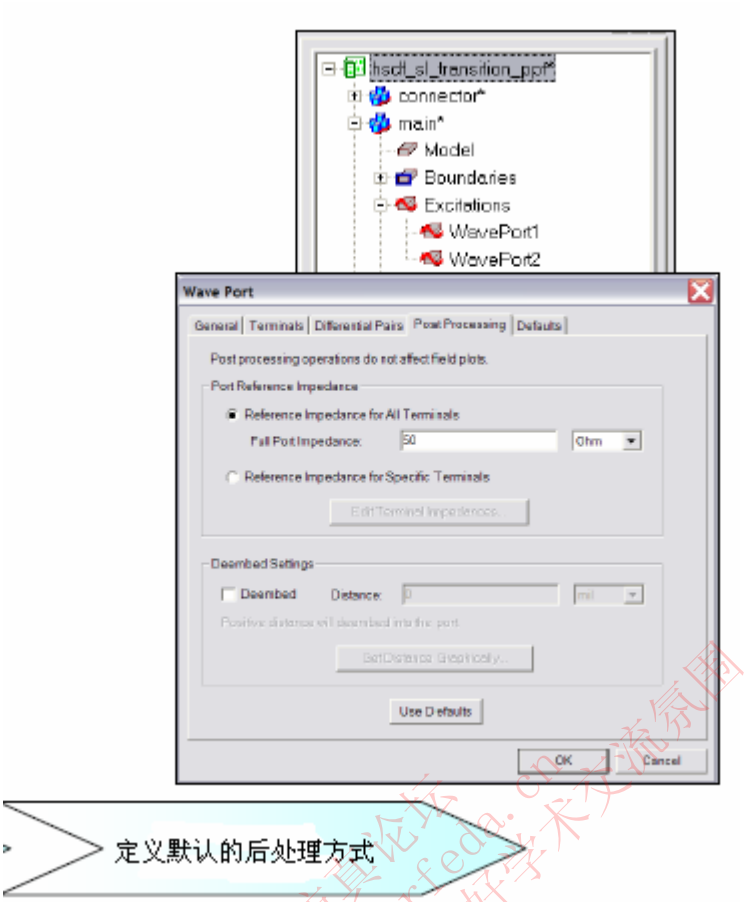
对于用户而言，用户关心的是应该使用哪一种端口类型。此处所举的例子中，端口类型是很容易决定的。且端口接触到背景（外部），交截部分是同轴电缆（附在传输线上）。使用的是波端口，解算类型是驱动终端（Driven Terminal），输出类型为 SPICE 输出。设置过程如下图所示。



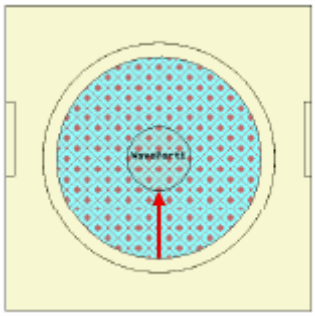




微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 & 良好学术交流氛围



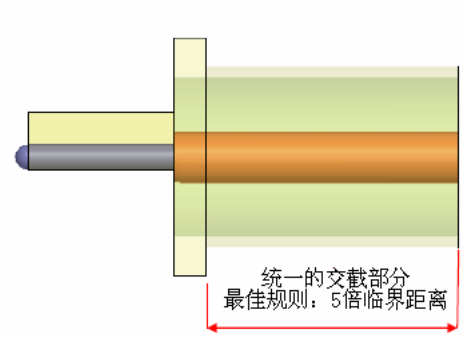
事实上是否的确如此简单就能完成端口的设置呢？



答案是肯定的，但是在完成几何模型的建立时需要考虑以下几点：

1. 仅仅是同轴介质的表面被选为端口表面。端口边界条件是在外部导体上定义，材料则是在导体内部定义，如右图所示。

2. 端口的交截部分必须统一。统一的交截部分可以实现仅支持单一模式，可以使由反射造成的高次模在到达端口前就得到足够衰减。当假设波沿 Z 方向传播时，模式将按照 $e^{-\alpha z}$ 的函数衰减。此外，需要的距离（统一部分的端口长度）取决于模式传播常数。如下图所示。



RFEDA.CN 微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn

运用如此简单的端口设置情况有：

第一种情况，如果你需要效仿实验室测量。大多数时候是这种情况，因为实验室的仪器并不是直接连接到任意形式的传输线上。但例外的是，用端口效仿一个复杂的探针时，你需要对探针有深入的理解，这时端口设置就没有如此简单了。

第二种情况，如果你需要对一个结构体进行隔离。在实际设计中，你常常没有那么好运。这时候用户必须正确的理解或者实现以下几点：

1. 端口边界条件和边界条件的影响；
2. 结构体中的场分布；
3. 对端口求解器做出的假设；
4. 反馈路径。

以下是一些与结果相关的问题。

它们可以分为以下两大类：

1. 复杂结构体问题。例如 BGA,底板（Backplane），天线反馈，波导设备（Waveguide “Plumbing”），等等。它们大部分共同的问题源于：测量的设置，比如测试夹具（Test fixtures），端口平移（deembedding），等等；不能理解结构体内部的场分布，这会导致边界问题；模型切断而引起的反馈路径问题。

2. 简单结构体问题。例如基于方程或者电路原理的均匀（uniform）传输线。它们大部分共同问题源于：不正确的使用默认值或者激励边界条件，不能理解被“正确”结果使用的假设前提（如方程或者电路原理）。

端口设置为何如此重要？

因为任何注入到系统的电流必须回流到源。对于直流，需要选择阻抗最小的路径；对于交流则需要选择感抗最小的路径，信号应在它的信号线和参考平面之间传输。参考平面和信号线是同等重要的！

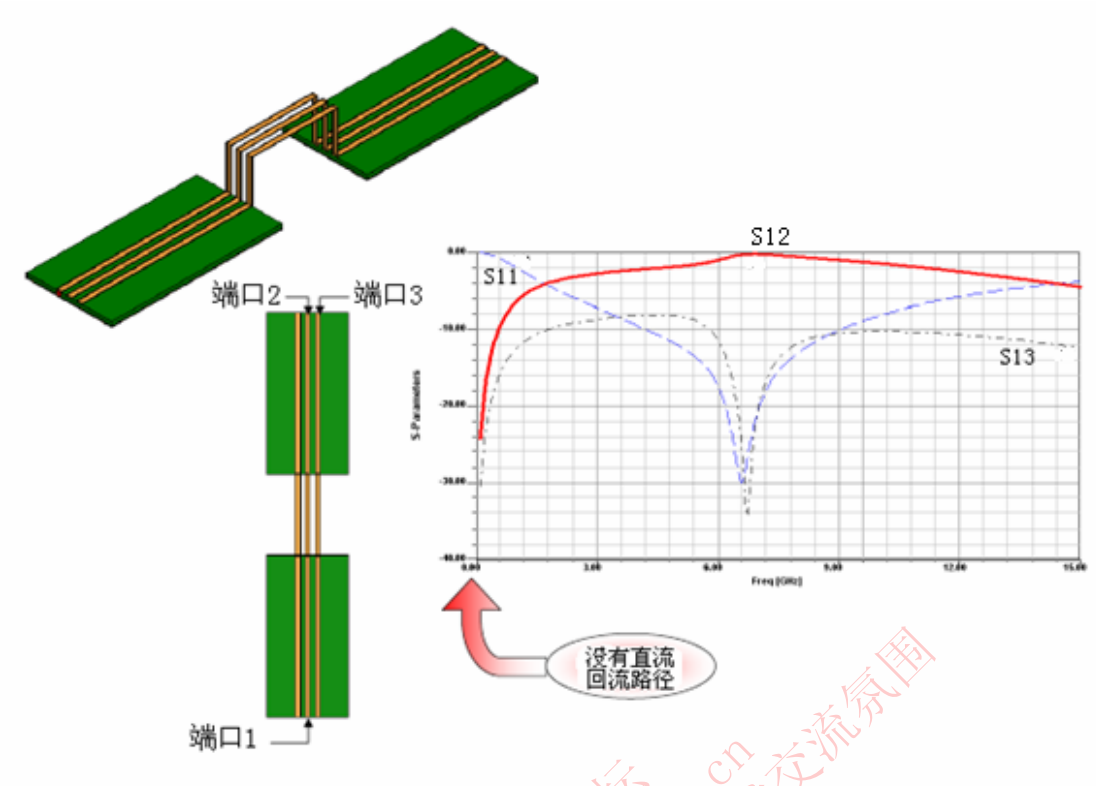
为什么我们需要关心端口设置呢？因为：

1. 许多实际设计中没有理想的回流路径，这些影响只能通过全波仿真器来捕获。
2. 当结构体中有隔离部分时，如果不能正确的保持回流路径，这将会限制测量结果的正确性，或者掩盖或者产生设计问题。端口和边界设置是建模中大部分普遍错误产生的根源。

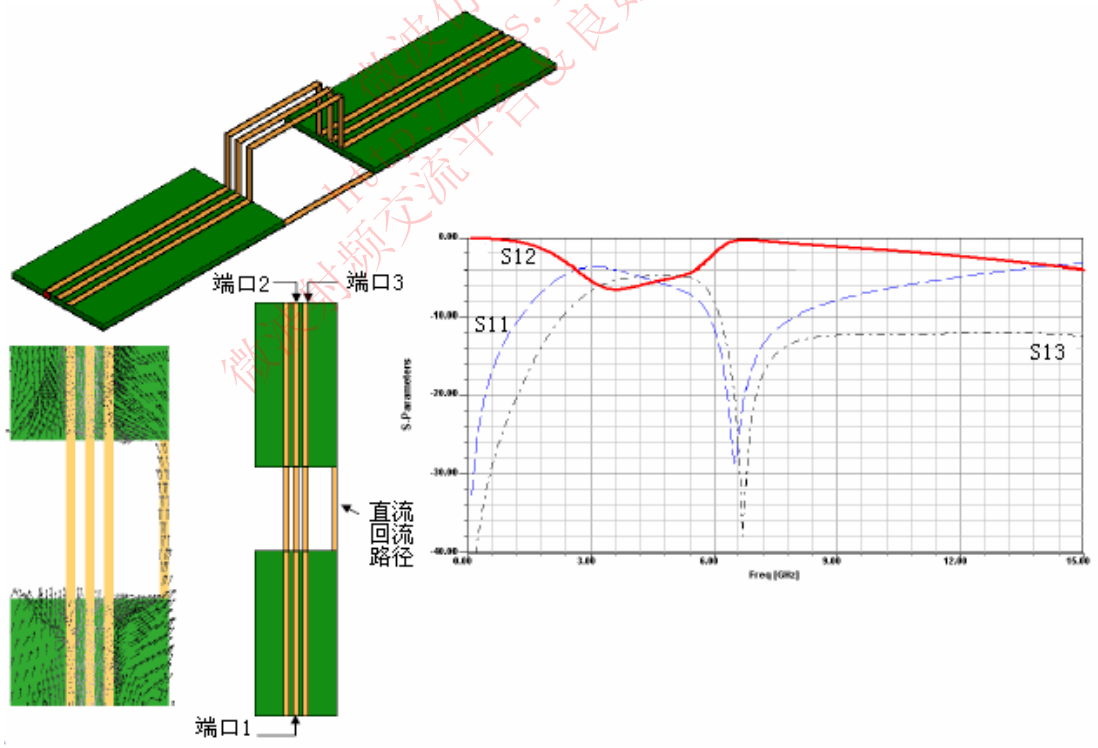
第五节、端口设置举例

一）回流路径实例

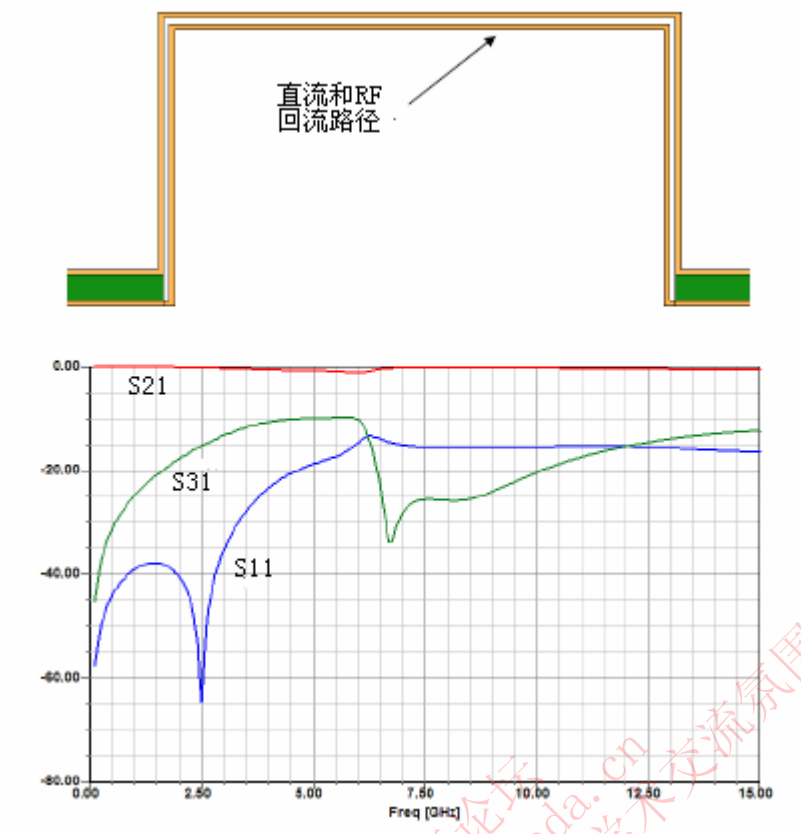
下面的两张图中，第一张是一个没有直流回流路径的结构和它的仿真结果；第二张是有直流回流路径的结构和它的仿真结果。可见两者的仿真结果有很大的差别，这个差别主要体现在 S12 上。F.2.4.1 中端口 12 之间没有 DC 回流路径，F.2.4.2 中端口 12 有 DC 回流路径，因而 F.2.4.2 中的 S12 才能正确的反映端口 1 和端口 2 之间的传输参数。



没有直流回流路径的结构和它的仿真结果



有直流回流路径的结构和它的仿真结果

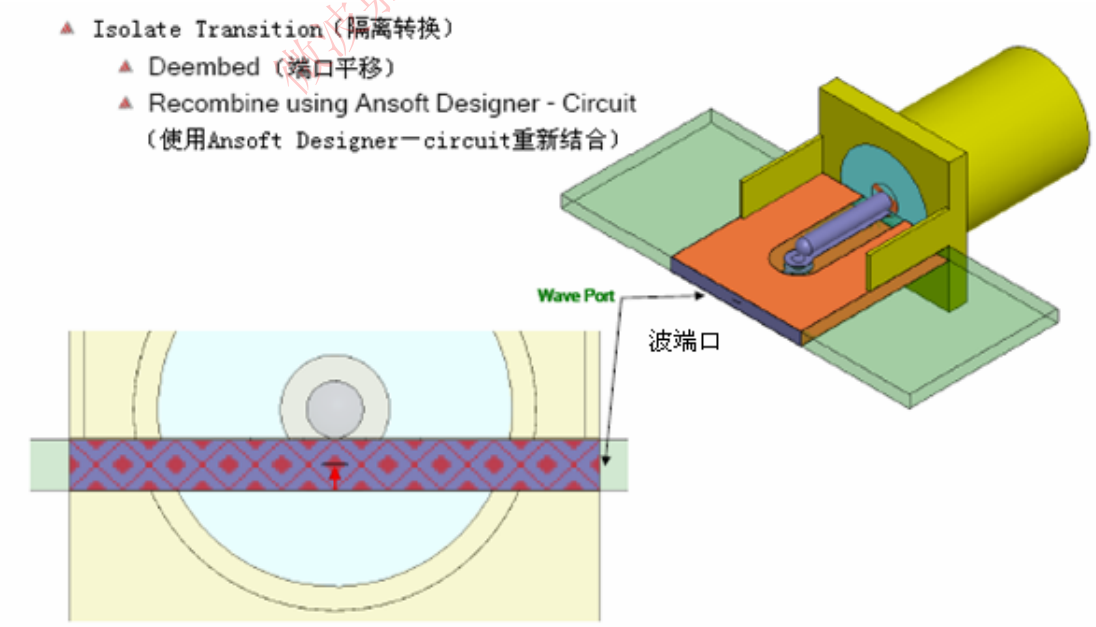


提供 DC 和 RF 回流路径的结构和它的仿真结果

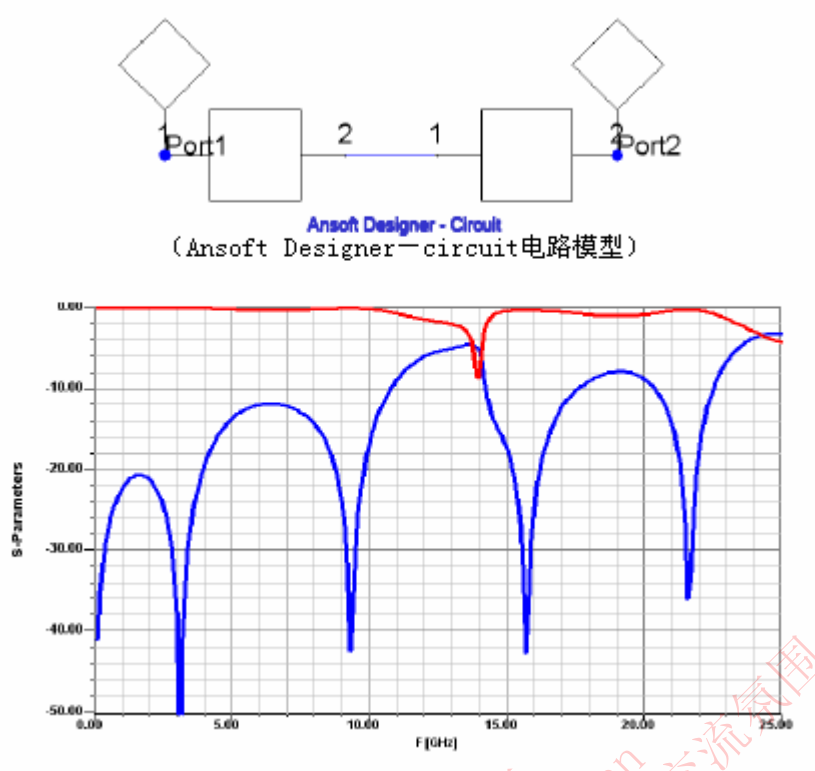
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围

二）结构体中的隔离部分——第二种情况的例子

该例子的端口示意图如 F2. 5. 4 所示，F2.5.5 是在 Ansoft Designer 中对应的模型和仿真结果（错误），F2.5.6 HFSS 中仿真后的场分布和结果（正确）。

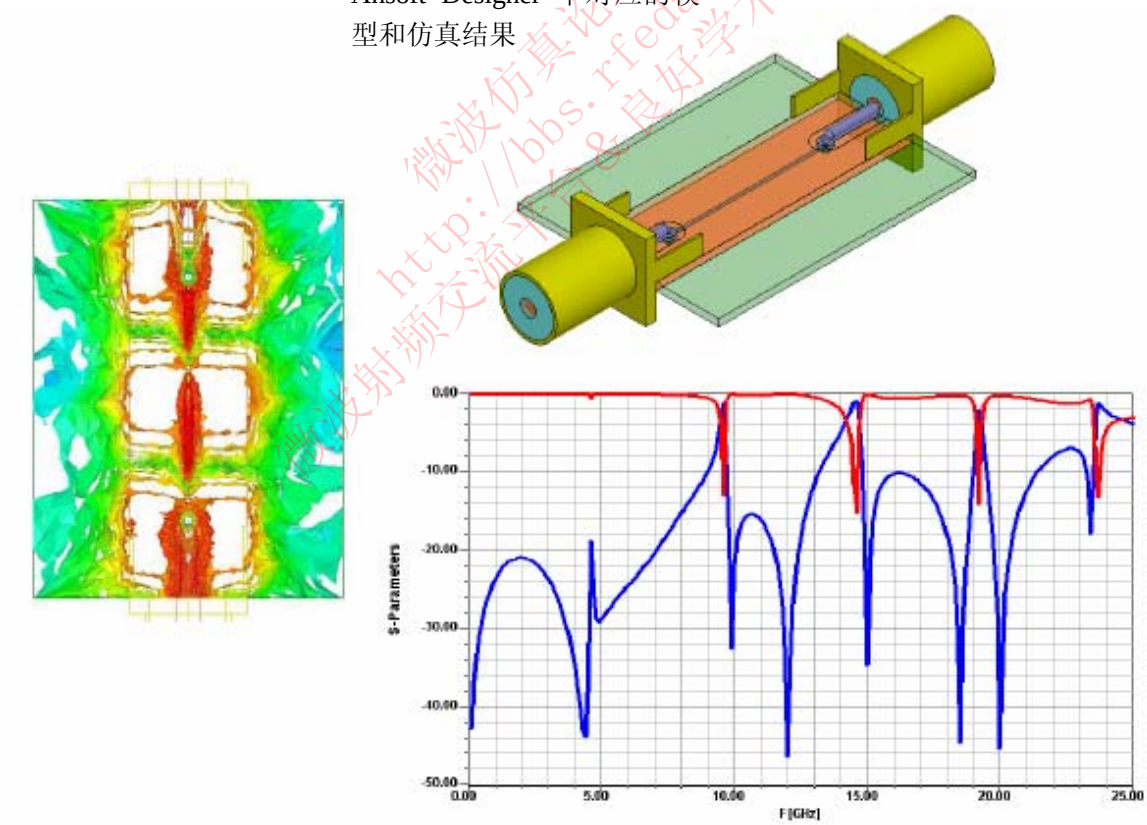


隔离部分端口示意图



（Ansoft Designer—circuit电路模型）

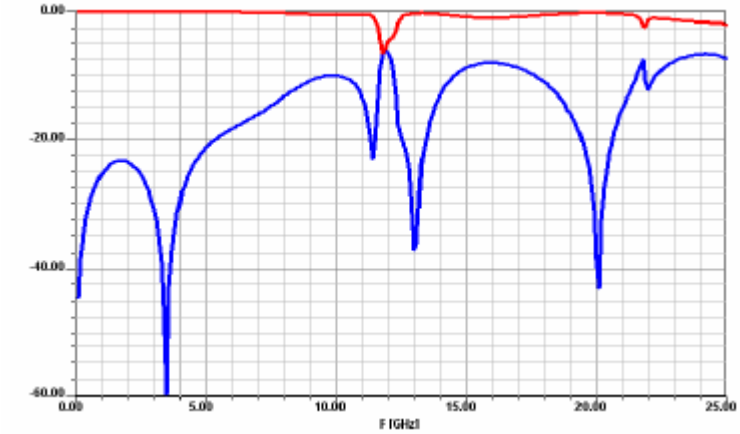
Ansoft Designer 中对应的模型和仿真结果



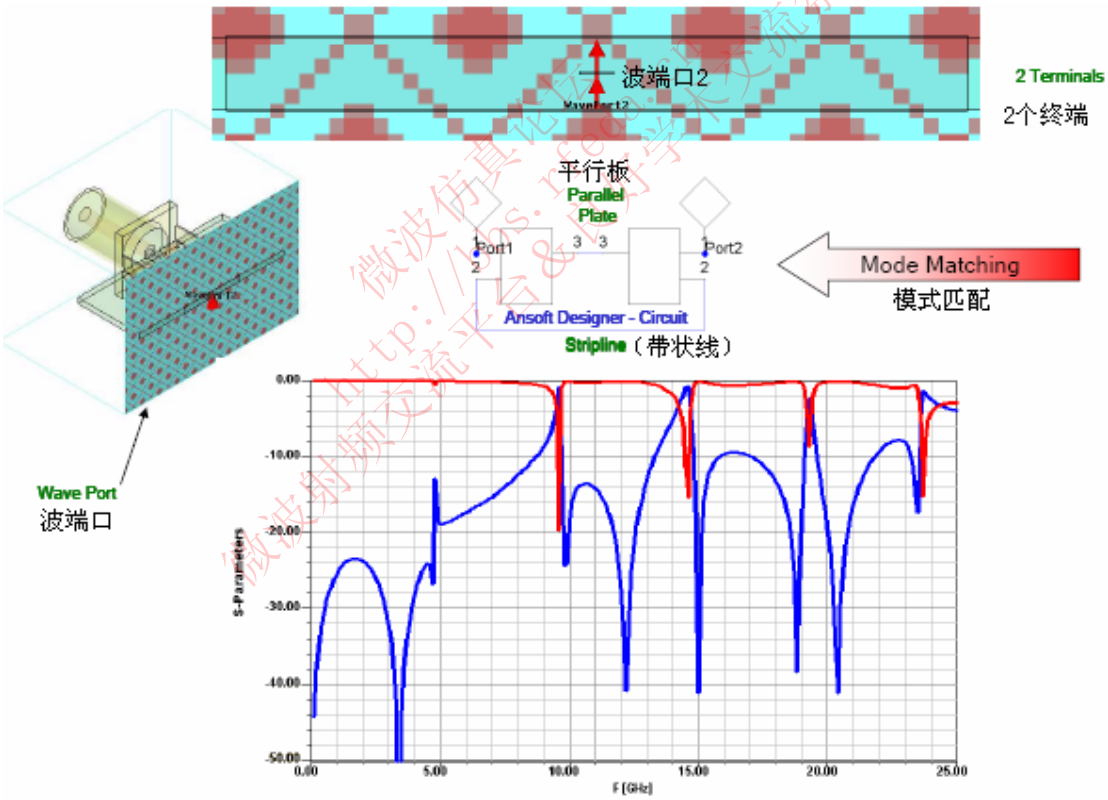
HFSS 中仿真后的场分布和结果

对比两个仿真结果，可见结果相差很大。这是哪些部分出现了错误呢？是否是隔离端口的不连续性？事实上的确如此。两个端口的交截部分一致吗？不一致，端口的交截部分（包含边界条件）在 Designer

中没有得到保留。回流路径保留吗？没有，Designer 中端口上的边界在边缘处和平面短路到一起了。同样，对于在端口边界放置的过孔也会出现这种情况。是否考虑了所有的模式？没有，平行板传输模式（Parallel Plate mode）没有考虑入内。即使我们考虑了，过孔（端口边缘上）也会截断模式，如 F2.5.7 所示。所以，我们应该合理的使用过孔。修正以上错误后，Designer 中的仿真结果如图 F2.5.8 所示。

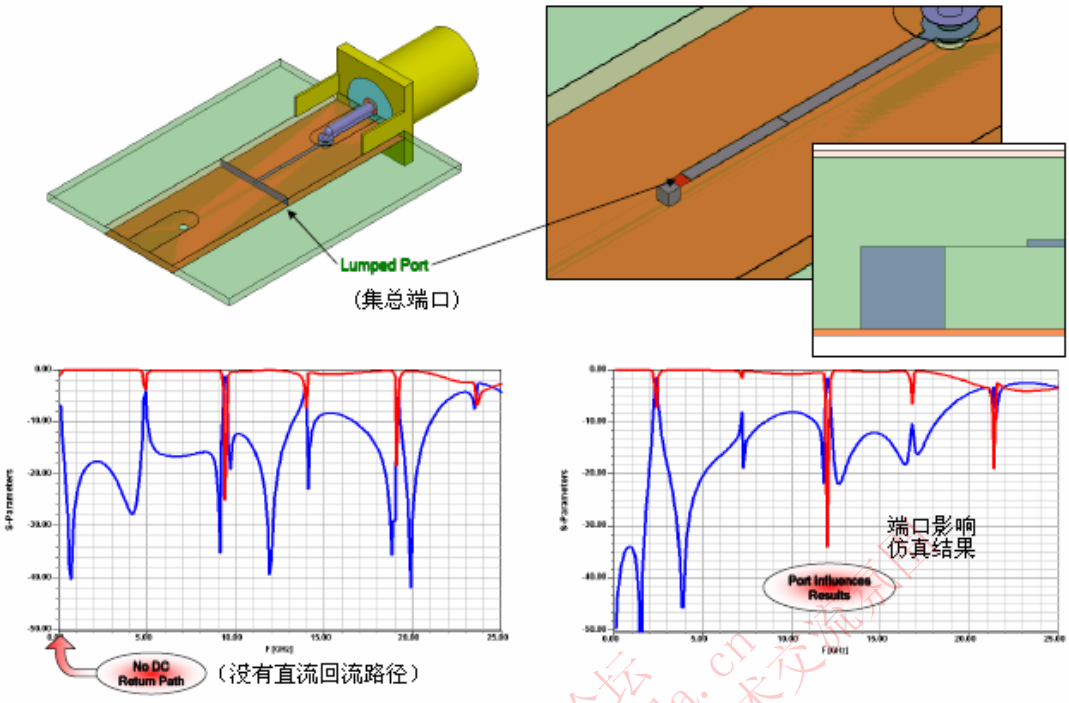


模式截断后的结果

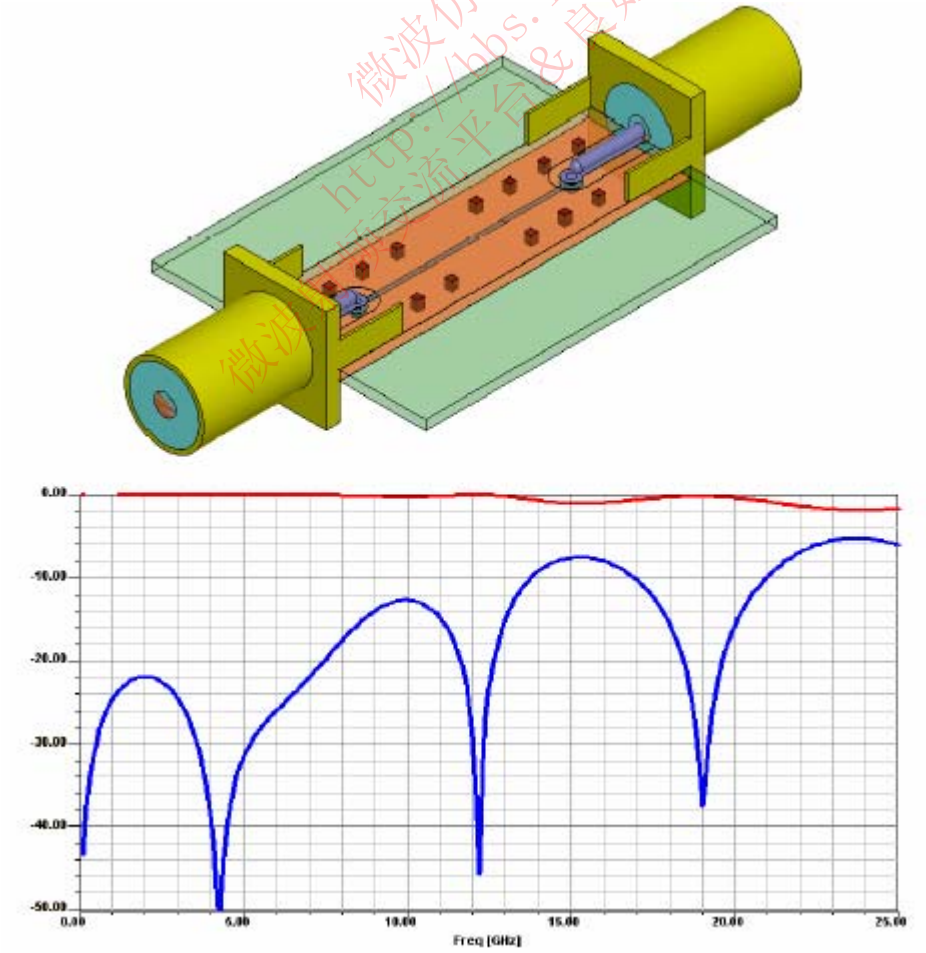


修正后 Designer 中的仿真结果

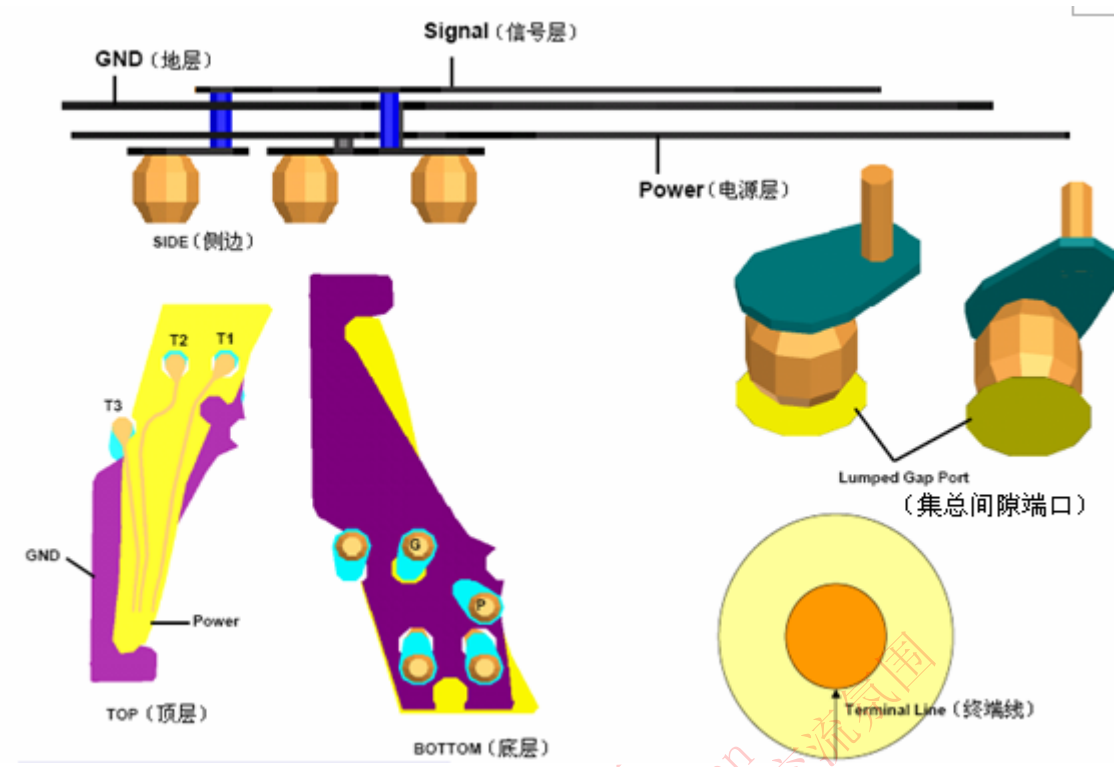
图 F2.5.9 是添加集总端口类型后的仿真情况。左边的仿真结果是没有直流回流路径时的仿真结果，右边的仿真结果是模型正确时添加集总端口后的仿真结果。



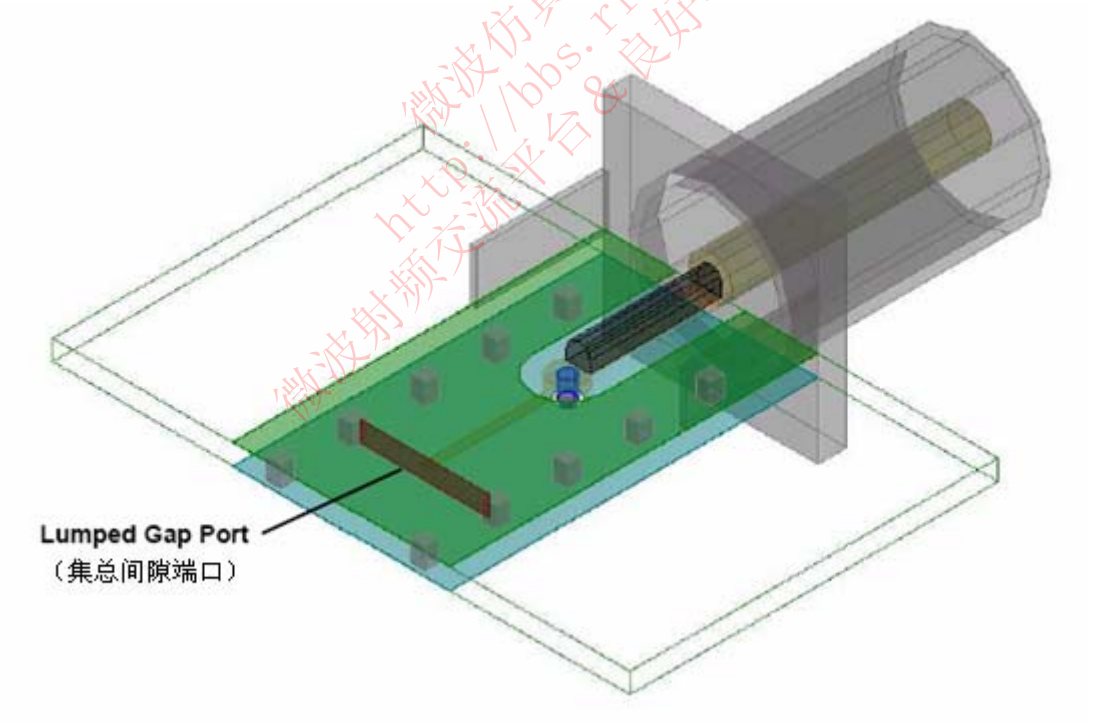
添加集总端口后的仿真结果



修改后的模型和仿真结果

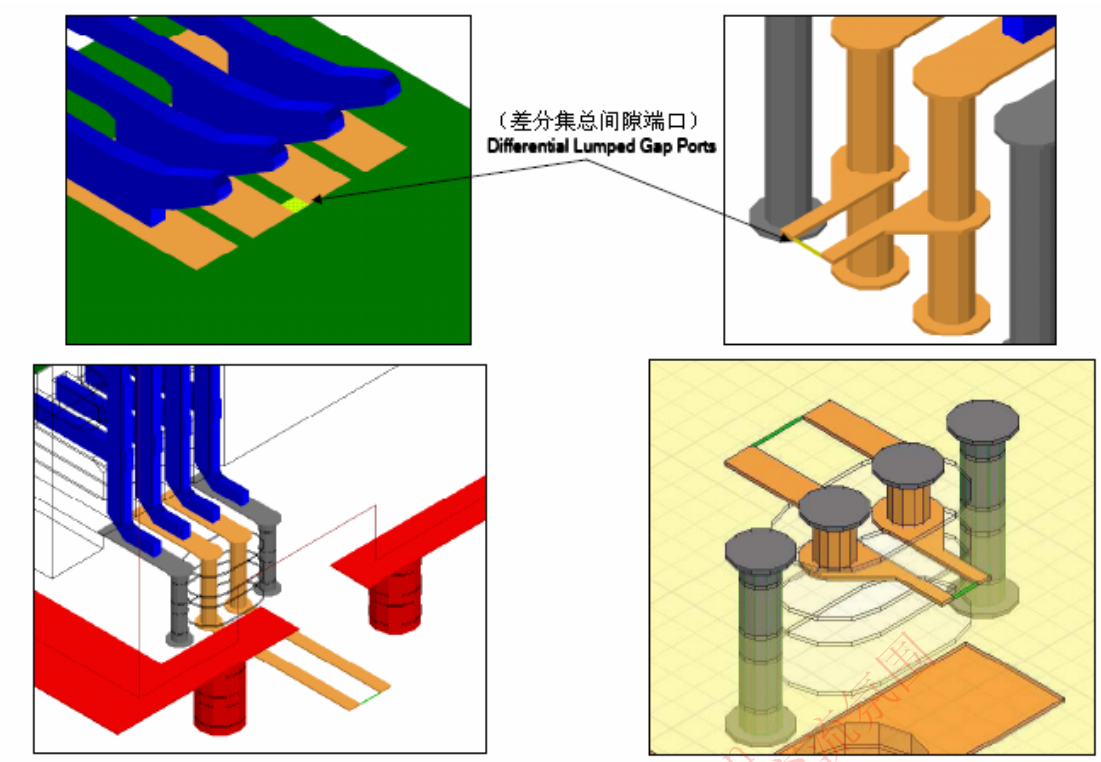


模型结构分解图

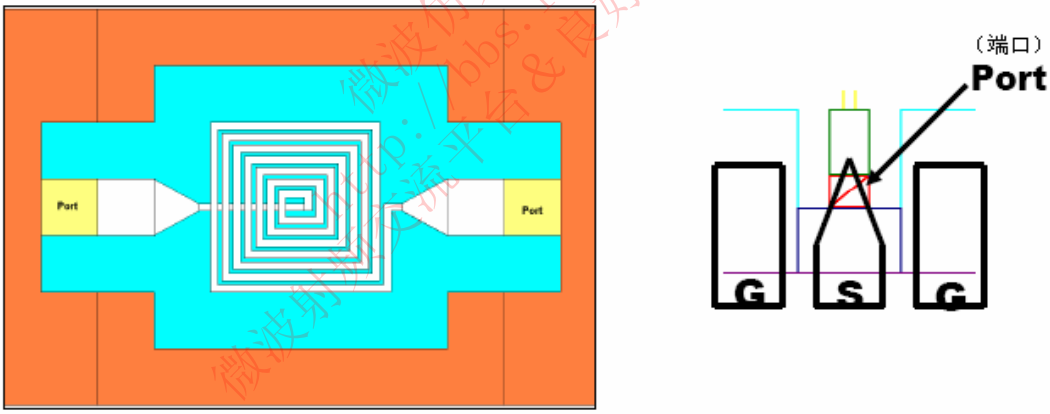


集总间隙端口示意图

微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围



差分集总间隙端口结构示意图



微带螺旋电感中的端口示意图

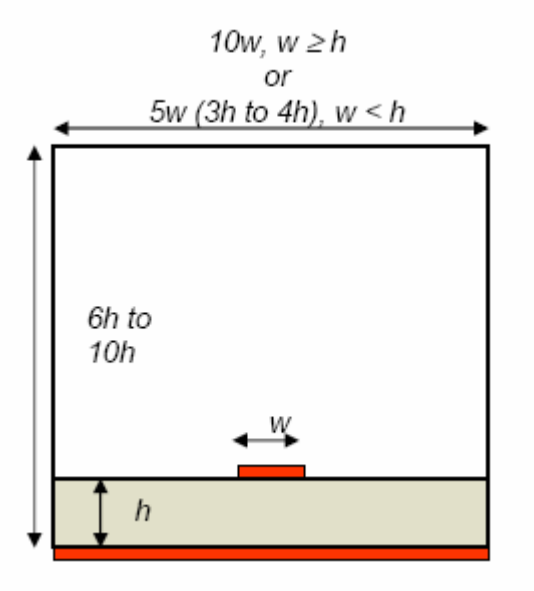
第六节、设置端口尺寸向导

一）微带端口尺寸设计向导

首先，假设微带宽度为 w，介质层高度 h。

端口高度设计向导：端口高度应在 $6h$ 到 $10h$ 之间。高度界限随着电介质常数的减小而增加，并且空气中的场分布要比介质层中的场分布要多。端口的底边和地平面的上表面要共面。如果实际的结构低于这个向导，那就按照实际结构建模。

端口宽度设计向导：如果微带剖面 $w \geq h$，则端口宽度为 $10w$；如果微带剖面 $w < h$，则端口宽度为 $5w$，或者按照 $3h$ 到 $4h$ 的顺序设置。如下图所示。



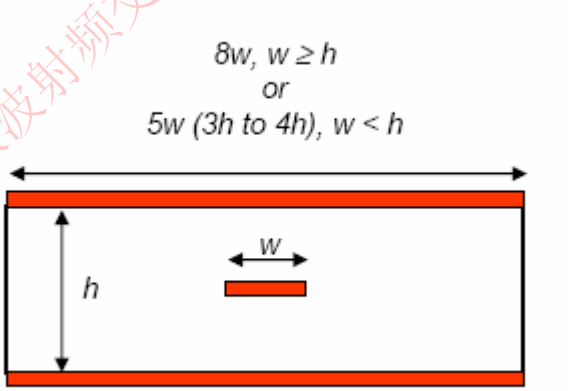
二）带状线端口尺寸设计向导

首先，假设带状线宽度为 w，介质层高度 h。

端口高度设计向导：从较高层面延伸到较低地平面 h。

端口宽度设计向导：如果微带剖面 $w \geq h$，则端口宽度为 $8w$；如果微带剖面 $w < h$，则端口宽度为 $5w$，或者按照 $3h$ 到 $4h$ 的顺序设置。

边界设置提示：此时可以将端口的边壁设置为理想 H（Perfect H）边界。



微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台 良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

致　谢

感谢微波仿真论坛所有参与 初译，校对，整理的会员;以及所有积极参与交流，默默奉献的朋友。

特别感谢 behemoth ，主持并组织了这次话动的初译分配，并对第 1～200 页进行格式整理。

特别感谢 tensor ，主持了校对分配，并对第 200～801 页进行了格式整理，并完成了最后成册！

参与初译的会员有（微波仿真论坛 ID）：伊谱系龙 **nili_zhao** 无穷小量 **iboy wwwjjjsss dauphin** 李云华 **kzlxp james~**王 **dobby xici656 matlab love61 ljx1067 flybird behemoth training**

参与校译的会员有：**tensor wyrszzb zdchl chengjy** 搭建木屋 木头东瓜 **ych142 ybandzyy qoomd flyrock dobby wwwjjjsss febi xuxu** 开心果 **njustdahua wyrszzzb**

微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波射频交流平台&良好学术交流氛围

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn

微波仿真论坛 简介

- ✓ 微波，射频交流平台
- ✓ 良好学术交流氛围
- ✓ 立足高校微波，面向微波射频企业
- ✓ HFSS CST ADS FEKO IE3D MWO XFDTD 等微波仿真软件使用讨论
- ✓ 数值计算，射频电路，天线，雷达 微波通信
- ✓ 会员主要为 在校研究生，博士生以及微波射频工程师
- ✓ 拥有 240G 超大 FTP 容量，现有 130G 微波通信资料，10G 原创作品，80G 上传空间
- ✓ 自建团队兴趣小组，高质高效进行交流！

还等什么，赶快加入到 http://bbs.rfeda.cn 和我们一起交流！

RFEDA.CN
微波仿真论坛
http://bbs.rfeda.cn
微波仿真论坛 http://bbs.rfeda.cn 微波射频交流平台&良好学术交流氛围