

# HFSS 软件基础与应用

## 一、 关于 HFSS

在学习这个软件之前，我们首先对生产这个软件的公司有个大致的了解。

Ansoft 公司是全球最大的提供以电磁技术为核心的专业EDA厂商，成立于1984年，总部设于美国宾西法尼亚州的匹兹堡市。Ansoft 公司自1997年进入中国市场后，先后在北京、上海和成都开设了办事处；并在北京理工大学、西安电子科技大学和北京航空航天大学设立三个培训中心。

Ansoft 公司高频软件包是一个功能非常强大的设计工具，可应用于迅猛发展的无线技术、宽带通信网络、天线系统、航空航天电子等领域，进行系统分析、电路设计、电磁仿真和物理设计。高频产品包括：Ansoft Designer、HFSS等。

Ansoft HFSS 高频结构电磁场仿真软件，采用切向矢量有限元法求解任意三维无源结构的电磁场，得到特征阻抗、传播系数、辐射场、天线方向图等结果，利用周期性边界条件，可解决：

- (1) 基本电磁场数值解和开边界问题，近远场辐射问题；
- (2) 端口特征阻抗和传输常数；
- (3) S参数和相应端口阻抗的归一化S参数；
- (4) 结构的本征模或谐振解。

## 二、 HFSS软件介绍与操作

这节课我们主要是学习HFSS (High Frequency Structure

Simulator, 高频结构仿真器)的操作和使用。

## 1、启动软件

### 软件界面

菜单栏 (**Menu bar**) 由文件、编辑、视图、工程、绘图、3D模型、HFSS、工具和帮助等下拉式菜单组成。

工程管理 (**Project Manage**) 窗口显示所以打开的HFSS工程的详细信息, 包括边界、激励、剖分操作、分析、参数优化、结果、端口场显示、场覆盖图和辐射等。

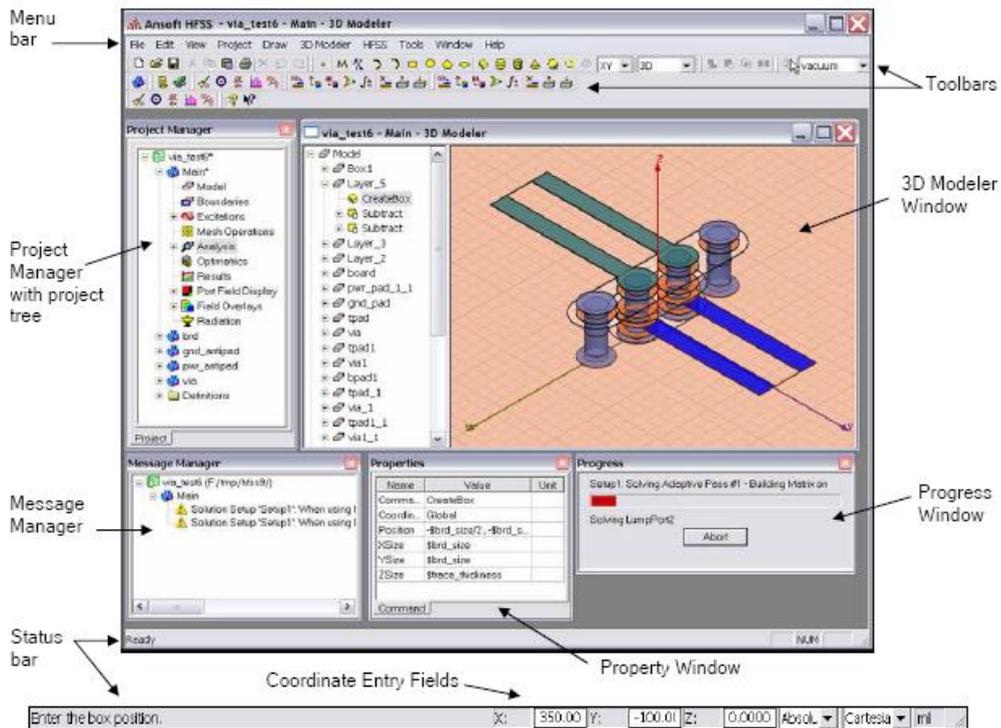
3D模型窗口 (**3D Modeler Window**) 是创建几何模型的区域, 包括模型视图区域和历史树。

状态栏 (**Status bar**) 位于HFSS界面底部, 显示当前执行命令的信息。

属性窗口 (**Properties window**) 显示在工程树、历史树和3D模型窗口中所选条目的特性或属性。

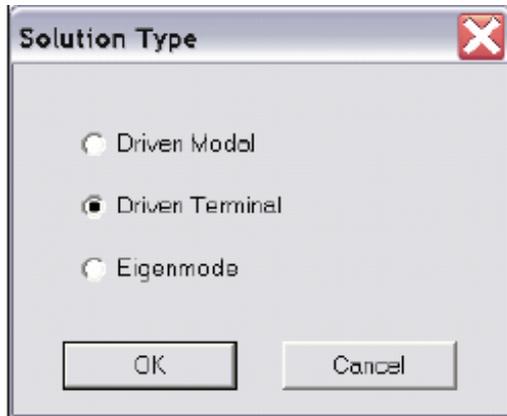
进度窗口 (**Progress window**) 监视运行进度, 以图像方式表示进度完成比例。

信息管理 (**Message Manage**) 窗口显示工程设置的错误信息和分析进度信息。



## 2、设置求解模式

在菜单栏中点击HFSS，选择Solution Type. 会出现下面的对话框：



(1) 激励求解：用HFSS计算无源、高频结构的S参数时，可选择激励求解类型，例如微带、波导、传输线结构。S矩阵解被表示为波导的入射功率及反射波功率。

(2) 激励终端求解：用HFSS计算多导体传输线端口的S参数时，可以选择激励终端求解类型。S矩阵解将由终端电压和电流来描述。

(3) 本征模求解：计算结构的本征模或谐振时，可选择本征模求解

类型。本征模解法可算出结构的谐振频率及在这些谐振频率处对应的场，也可计算谐振腔体的无载Q值。

### 3、设置单位

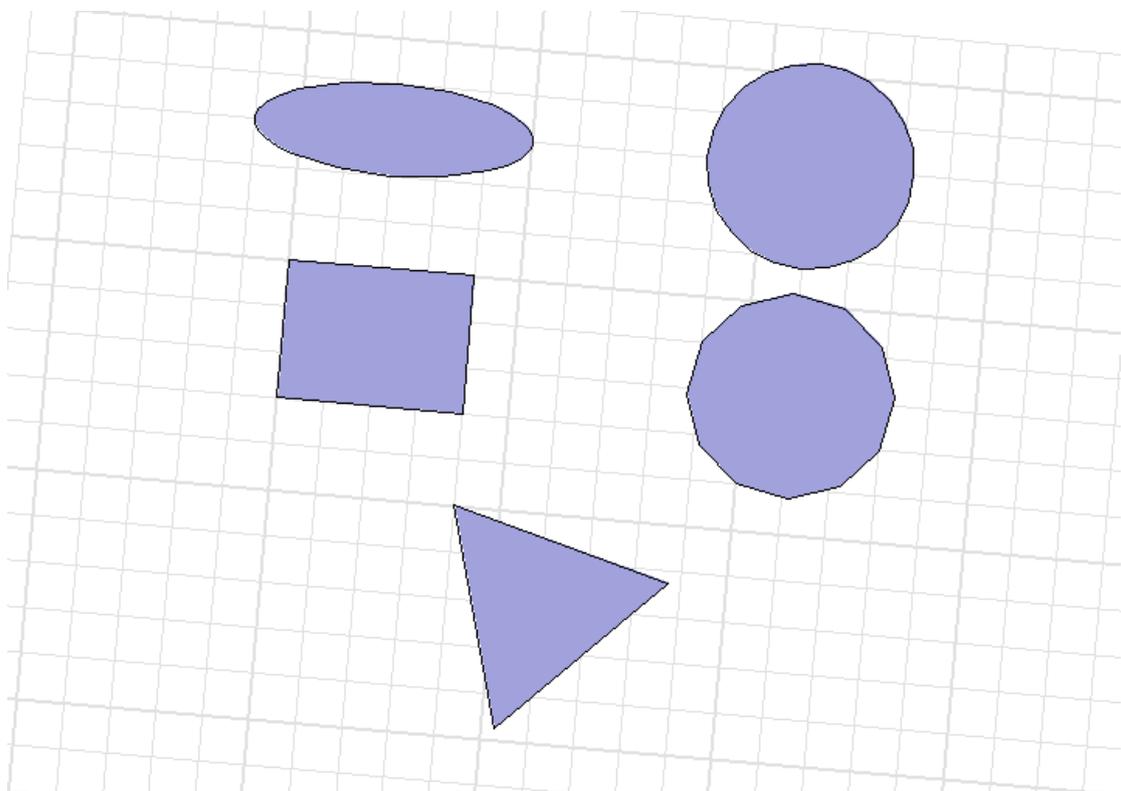
在菜单栏里点击3D Modeler选择Unites:



### 4、绘制图形

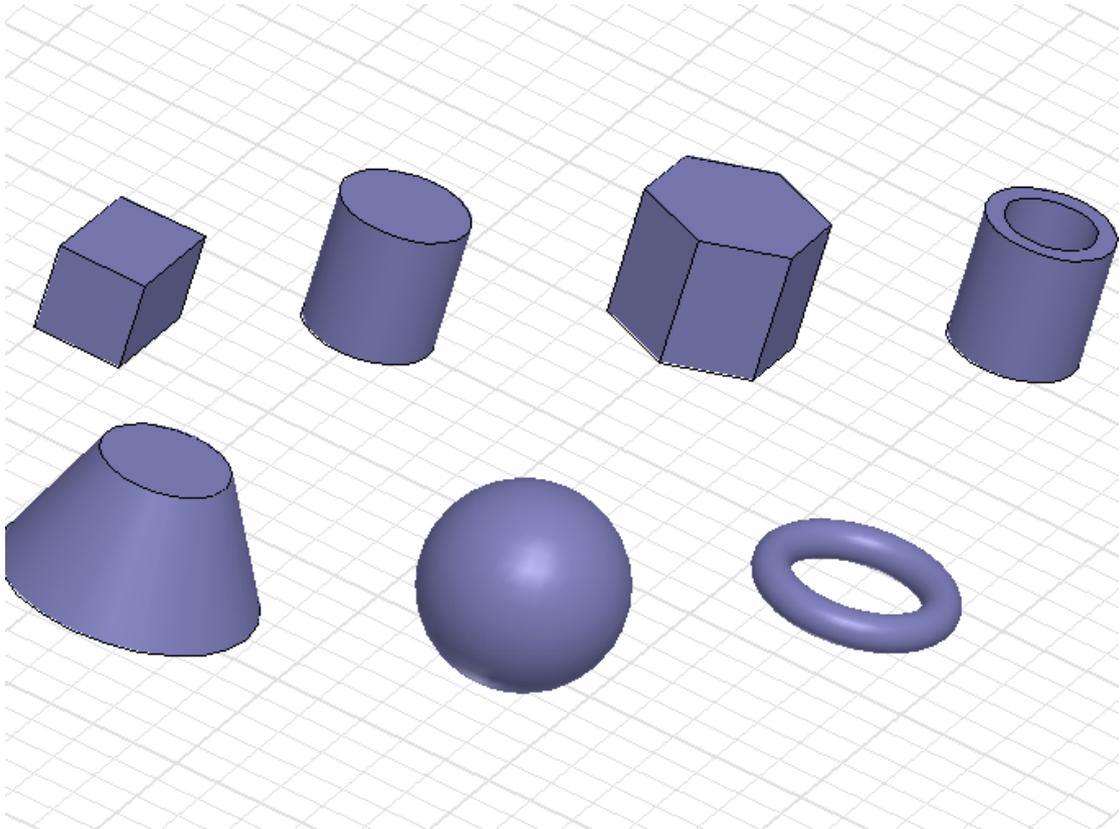
一维的有直线、折线、曲线。也可以创建由曲线方程画出所需要的图形。

二维的有:



在这里也能画出由某个曲面方程所要求的面。

三维最基本的有：



## 5、图形的变换

当然，实际需要中所遇到的不止限于以上模型，我们也可以通过很多变换的手法来画出我们需要的3D图形。

单击菜单栏的Edit

### *Arrange*

**Move** – Translates the structure along a vector

**Rotate** – Rotates the shape around a coordinate axis by an angle

**Mirror** – Mirrors the shape around a specified plane

### *Duplicate*

**Along Lines** – Create multiple copies of an object along a vector

**Around Axis** – Create multiple copies of an object rotated by a fixed

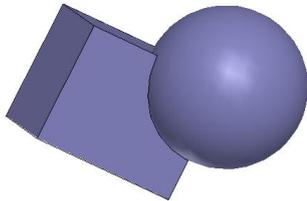
angle around the x, y, or z axis

**Mirror** - Mirrors the shape around a specified plane and creates a duplicate

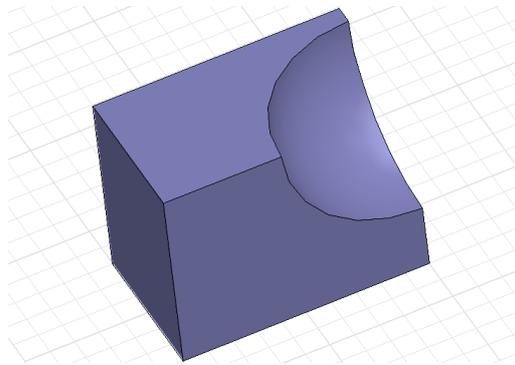
6. 图形的布尔操作

几种布尔操作：

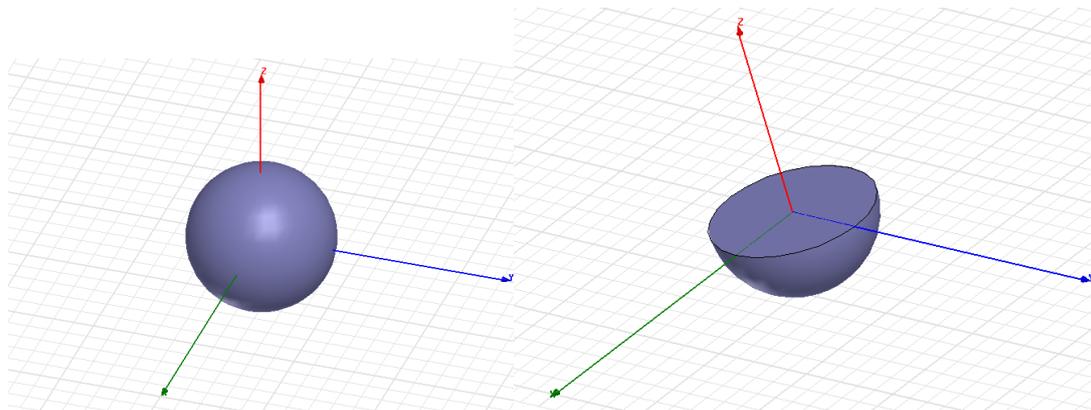
**Unite** – combine multiple primitives



**Subtract** – remove part of a primitive from another



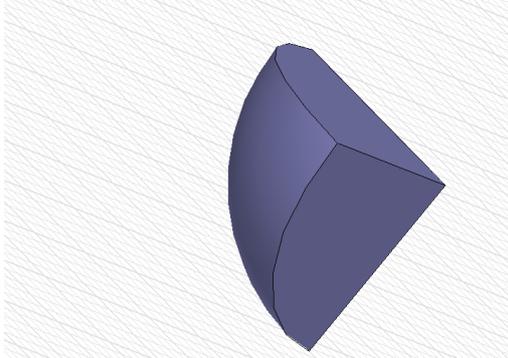
**Split** – break primitives into multiple parts



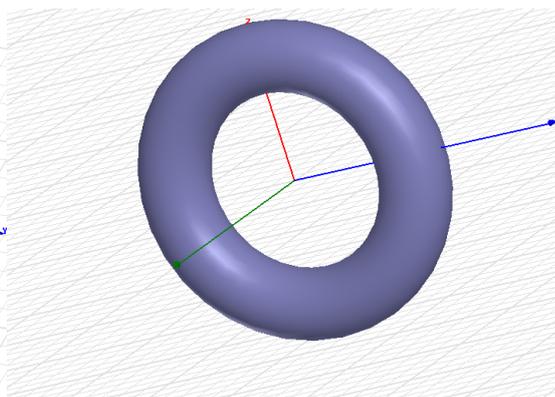
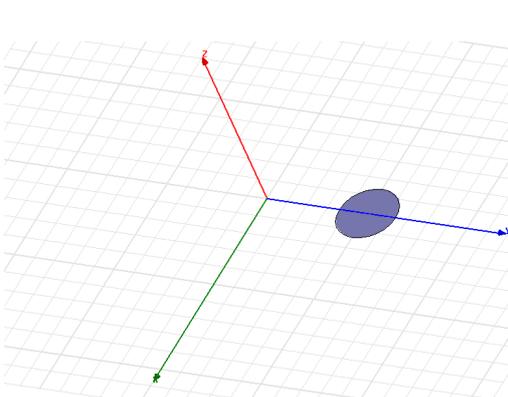
操作前

操作后

**Intersect**– keep only the parts of primitives that overlap



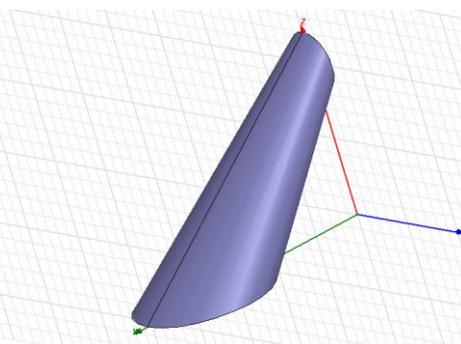
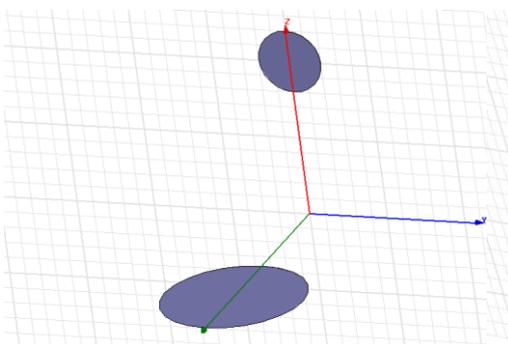
**Sweep** – turn a 2D primitive into a solid by sweeping: Along a Vector, Around an Axis, Along a Path



操作前

操作后

**Connect** – connect 2D primitives. Use Cover Surfaces to turn the connected object into a solid



操作前

操作后

**Section** – generate 2D cross-sections of a 3D object

## 7、视角的变换

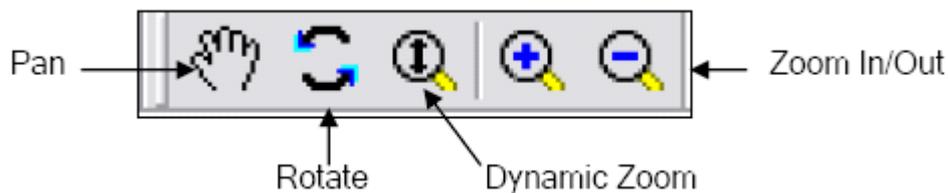
用以下命令你在创建模型的过程中，可以随时改变视角

**Rotate** – The structure will be rotated around the coordinate system

**Pan** – The structure will be translated in the graphical area

**Dynamic Zoom** – Moving the mouse upwards will increase the zoom factor while moving the mouse downwards will decrease the zoom factor

**Zoom In/Out** – In this mode a rubber band rectangle will be defined by dragging the mouse. After releasing the mouse button the zoom factor will be applied.



快捷键：

***ALT + Drag = Rotate***

***Shift + Drag = Pan***

***ALT + Shift + Drag = Dynamic Zoom***

另外，用鼠标在3D窗口中右点击也可以实现视角的转变。

在模型创建完毕后，我们为了方便以后的调试，可以对模型设置变量并进行优化,对它的具体操作我们会在下面的仿真实例中详细讲解。

### 三、 HFSS实例讲解

以上的内容我们讲的是HFSS软件的最基本操作，下面我们

一个单极子天线的实例来学习软件的功能性。

首先了解基本任务操作步骤包括：

- (1) 画模型 (Draw a geometric model) ;
- (2) 修改项目设计参数 (Modify a model's design parameters) ;
- (3) 确定模型设计参数的变量 (Assign variables to a model's design parameters) ;
- (4) 指定设计的解设置 (Specify solution settings for a design) ;
- (5) 验证设计设置 (Validate a design's setup) ;
- (6) 运行HFSS模拟 (Run an HFSS simulation) ;
- (7) 创建2D散射参数的直角坐标曲线 (Create a 2D x-y plot of S-parameter results) 。

## 1、 创建工程

- (1) 运行HFSS后，自动创建一个新工程：Project1

由主菜单选File\Save as, 保存并命名danjizi.

- (2) 插入HFSS设计

由主菜单选Project\Insert HFSS Design, 则一个新的项目自动加入到工程列表中，同时会出现3D画图窗口。

- (3) 选择求解类型

从HFSS菜单选择解类型 (Solution Type) 为Driven Model

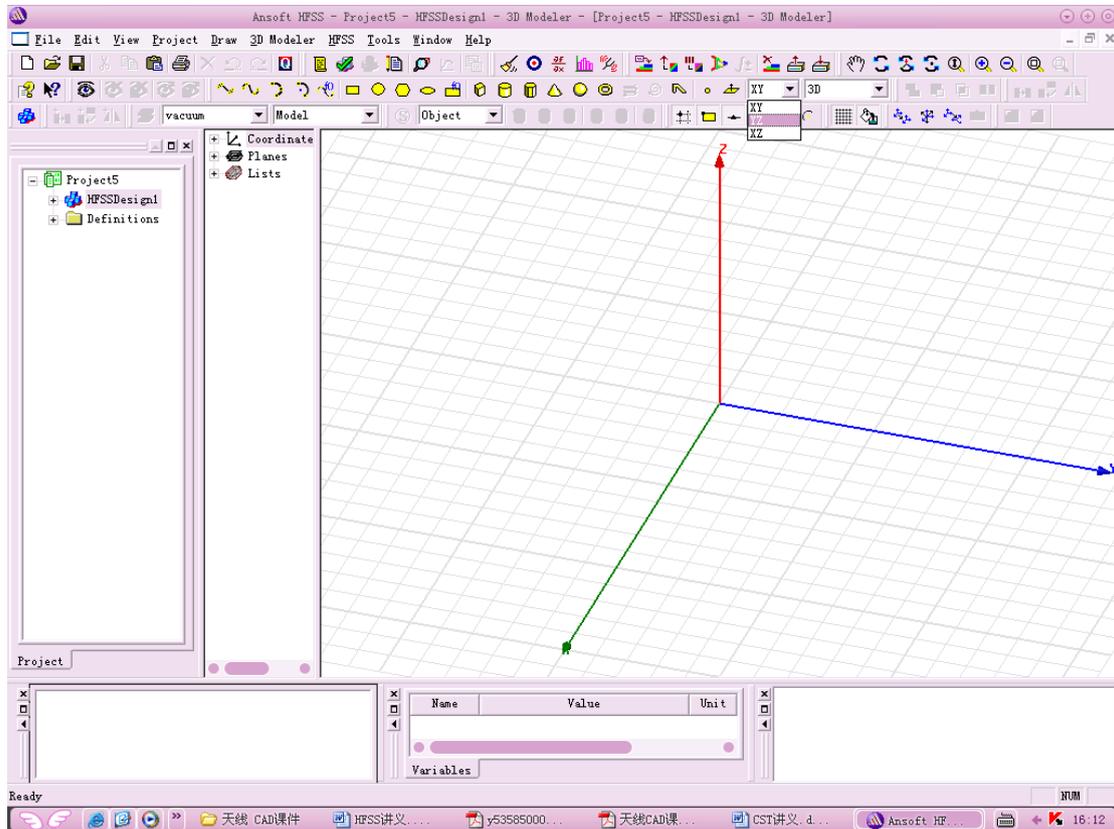
- (4) 设置单位

从3D Modeler菜单选择cm

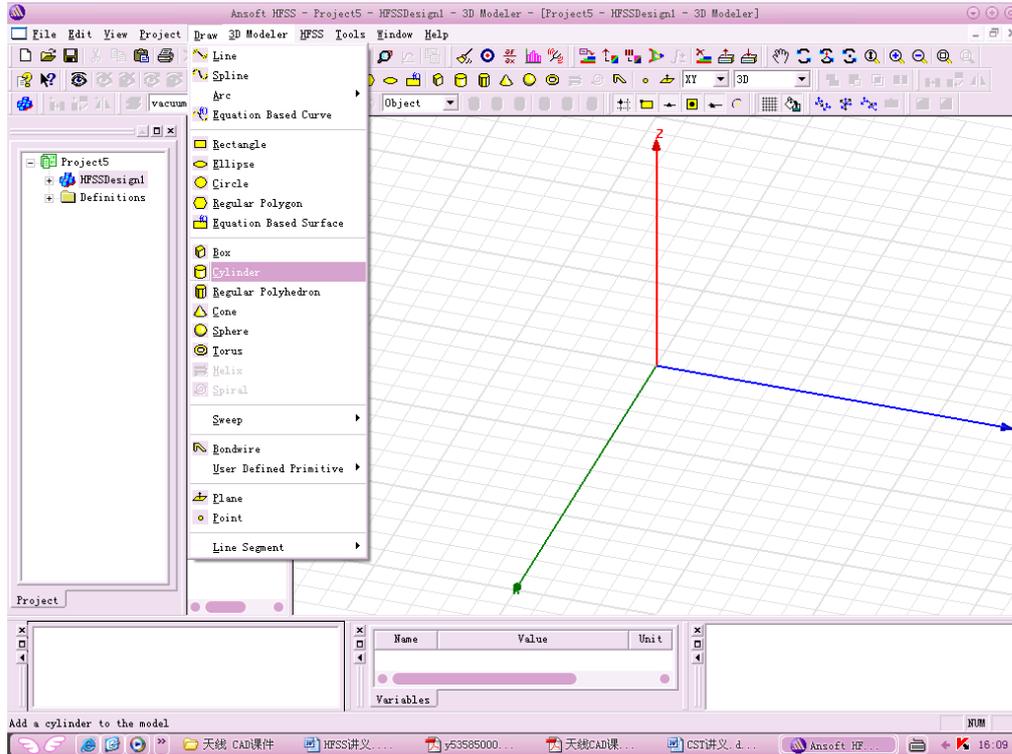
## 2、 创建模型

## (1) 绘制贴片

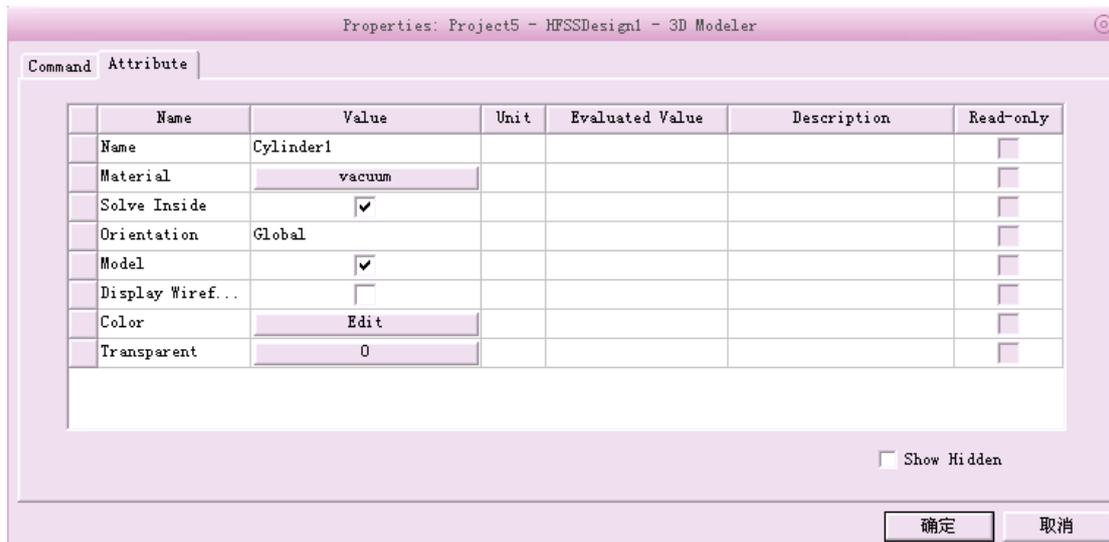
选择绘图平面，这里的单极子贴片在YZ面上，因此我们将工作平面改为YZ面。



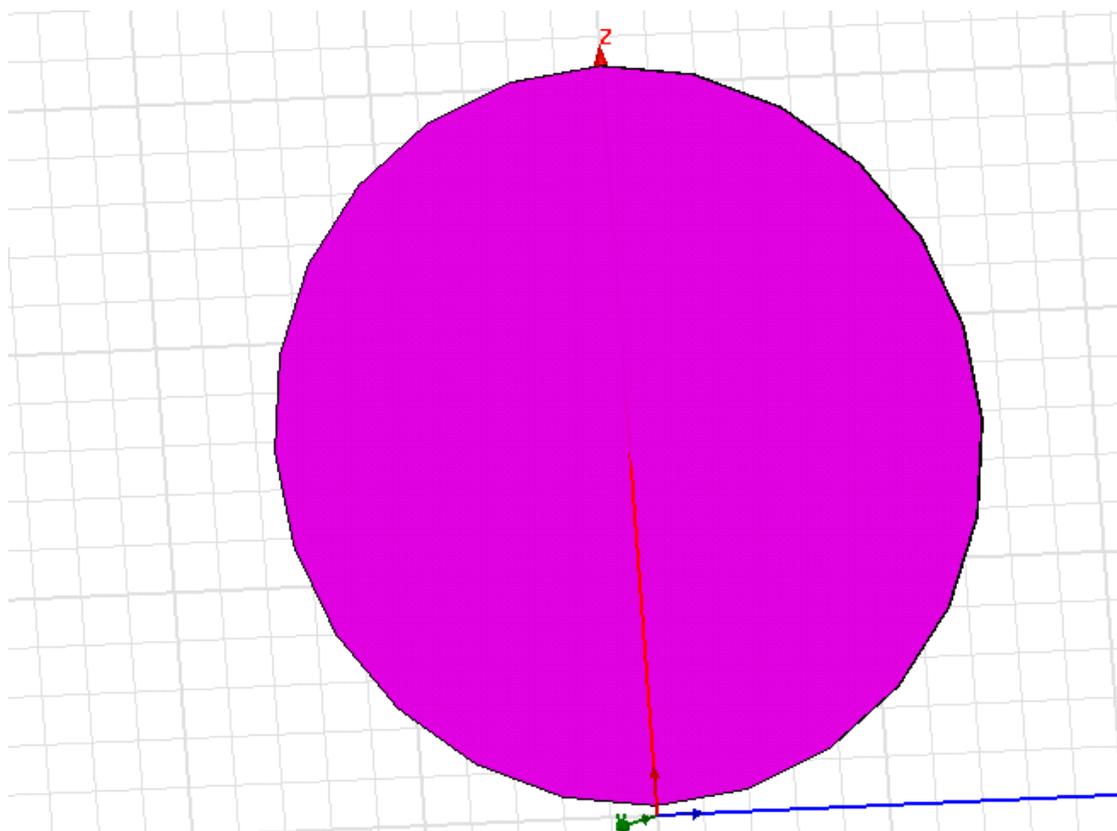
选择“Cylinder...”命令创建带厚度的圆形贴片。



输入圆心坐标  $(-0.02, 0, 3.9)$ ，按下回车，继续输入半径  $dx(0.04)$  , $dy(3.8)$ , $dz(0)$ ；按下回车，会出现如下属性对话框



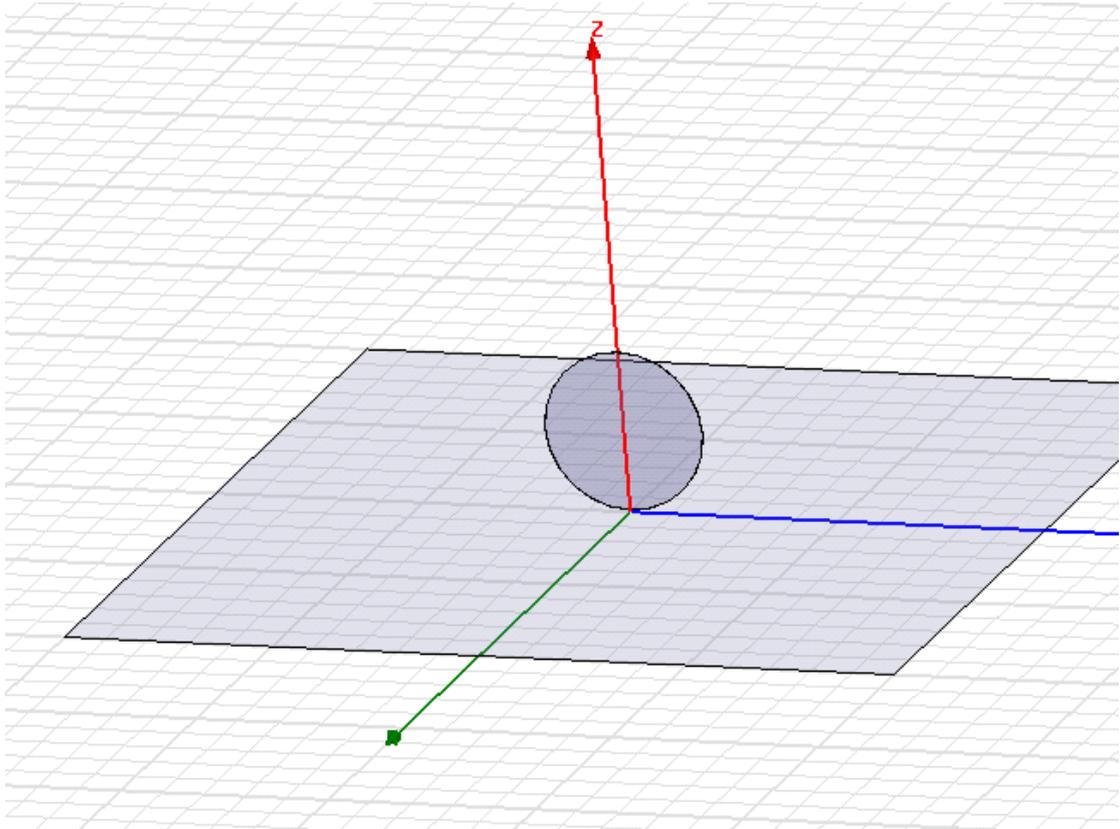
选择Attribute标签页，将name改为patch，点击Transparent项的数值条，在弹出窗口移动滑条使其值为0.8。设置完毕后，按下Ctrl+D键，将图形显示适中。



## (2) 绘制地板

将工作平面切换到XY面

绘制一个矩形：由主菜单选Draw/Rectangle；按下Tab键依次输入参数  $(-20, -20, 0)$ ,  $(40, 40, 0)$ ，全部设好后按下回车，出现属性对话框，将Name项改为groud,点击Transparent项的数值条，使其值为0.8，设置完毕后，按下Ctrl+D键，将图形显示适中。

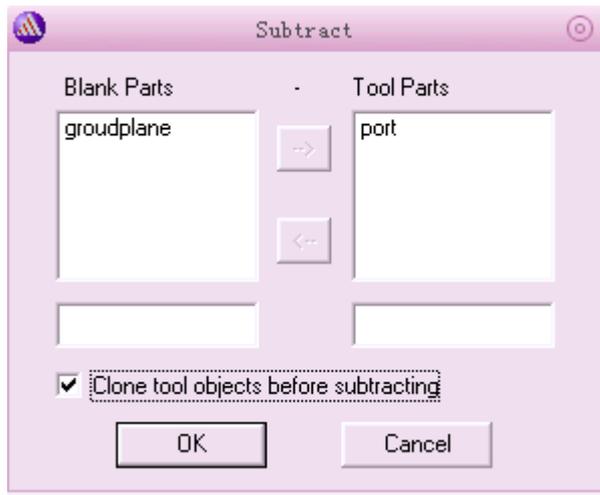


### (3) 绘制馈电探针

绘制圆柱体：按同样的步骤输入圆心坐标（0.04，0，0），按下回车，继续输入半径dx（0.02），dy(0)，dz(0)；按下回车，最后输入厚度dx（0），dy(0)，dz(0.15)，最后出现属性对话框，将name改为feed，点击Transparent项的数值条，在弹出窗口移动滑条使其值为0.8。设置完毕后，按下Ctrl+D键，将图形显示适中。

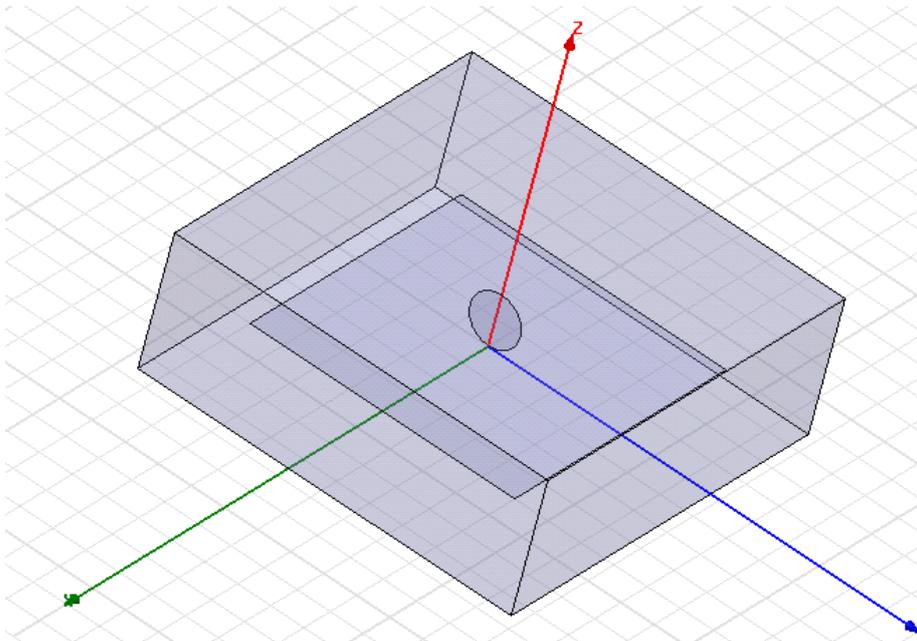
### (4) 绘制端口

绘制圆形：由主菜单选Draw/circle,按下Tab键切换到参数区，设置圆心坐标为（0.04，0，0），输入半径为（0.06，0，0），即半径为0.06，按下回车。定义属性：Name改为port，Transparent为0.8。在地板中截去端口：在绘图历史树中选groud,按下Ctrl同时再选中port，有主菜单选3D Modeler\Boolean\Substrate,做到以下



### (5) 绘制空气腔

由主菜单选 Draw/Box, 按下 Tab 键切换到参数区, 起点坐标为 (-28.2, -28.2, -8.2), 三边的长度 (56.4, 56.4, 20.3); Name 设为 air, Transparent 为 0.8, 设置完毕后, 按下 Ctrl+D 键, 将图形显示适中。



## 3、设置变量

### (1) 在接地板中设置变量

在绘图历史树中, 展开 groud 节点, 选择 CreatRectangle 项, 点右键选择 Properties. 将弹出的属性窗口中的 Position 项由 (-20, -20, 0),

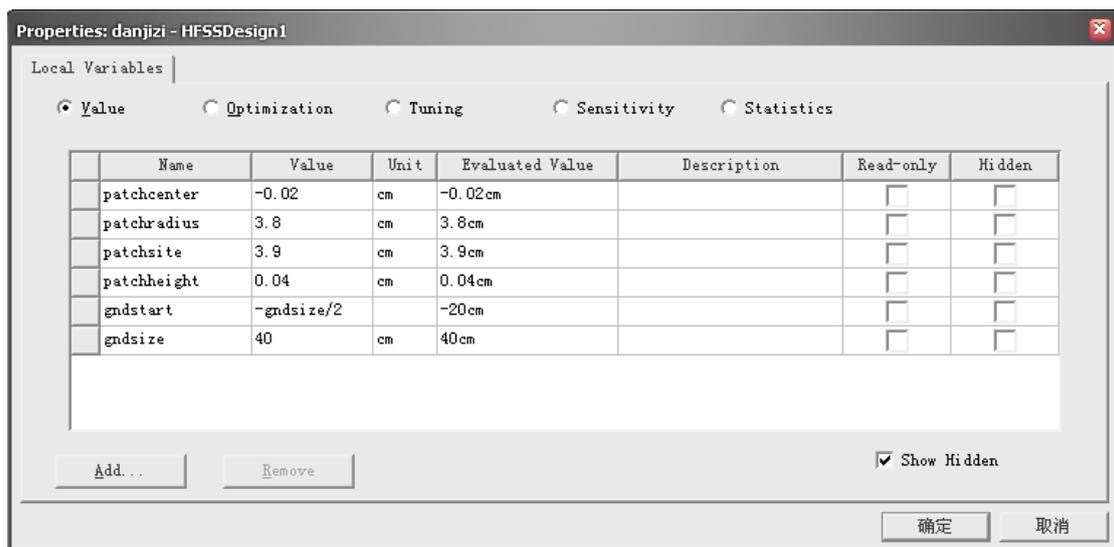
改为(gndstart, gndstart,0), 按下回车, 在弹出的新窗口定义变量gndstart的数值为-20mm, 点击OK关闭。再在原属性窗口, 将Xsize,Ysize都改为gndsize, 同样定义它的大小为40mm

### (2) 将贴片设置为变量

在绘图历史树中, 展开feed节点, 选择Creat Cylinder项, 点右键选择Properties. 将弹出的属性窗口中的Position项由(-0.02, 0, 3.9), 改为(patchcenter, 0, patchsite), 按下回车, 在弹出的新窗口定义变量patchcenter的数值为-0.02mm, 定义变量patchsite的数值为3.9mm, 定义贴片半径为R\_p=3.8cm, 点击OK关闭。再在原属性窗口, 将height都定义为patchheight, 同样定义它的大小为0.04mm

### (3) 最后建立变量联系

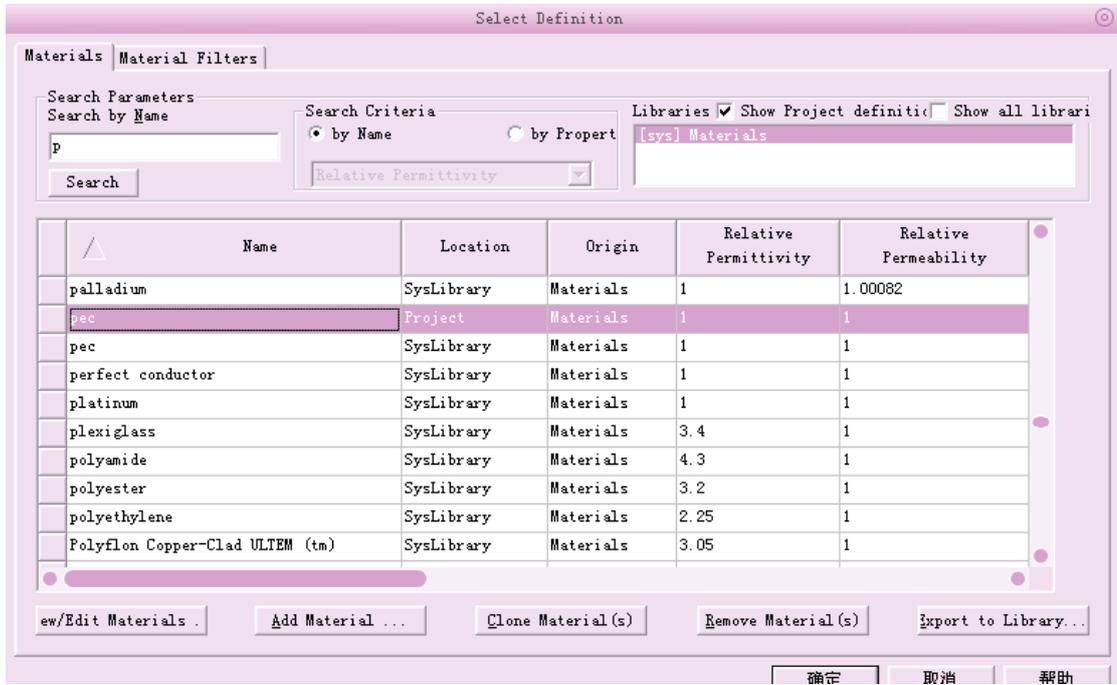
在工程历史树danjizi上点右键, 选择Design Properties, 在弹出窗口的Variables标签页, 将gndstart设为-gndsize/2, 将patchcenter设为-patchheight/2, 即建立变量联系。



## 4、设置模型材料和边界参数

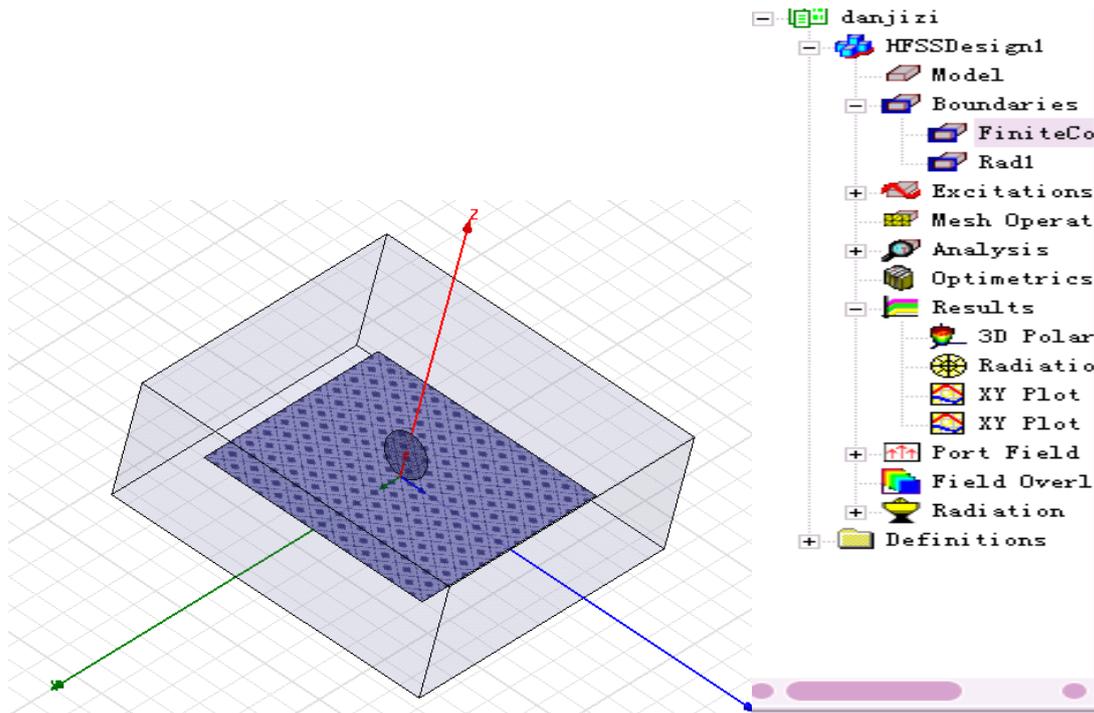
## (1) 设置馈电点的材料

在绘图历史树中选feed项，点右键选择Assign Material,在弹出窗口的Material标签页中选择copper项，确定。



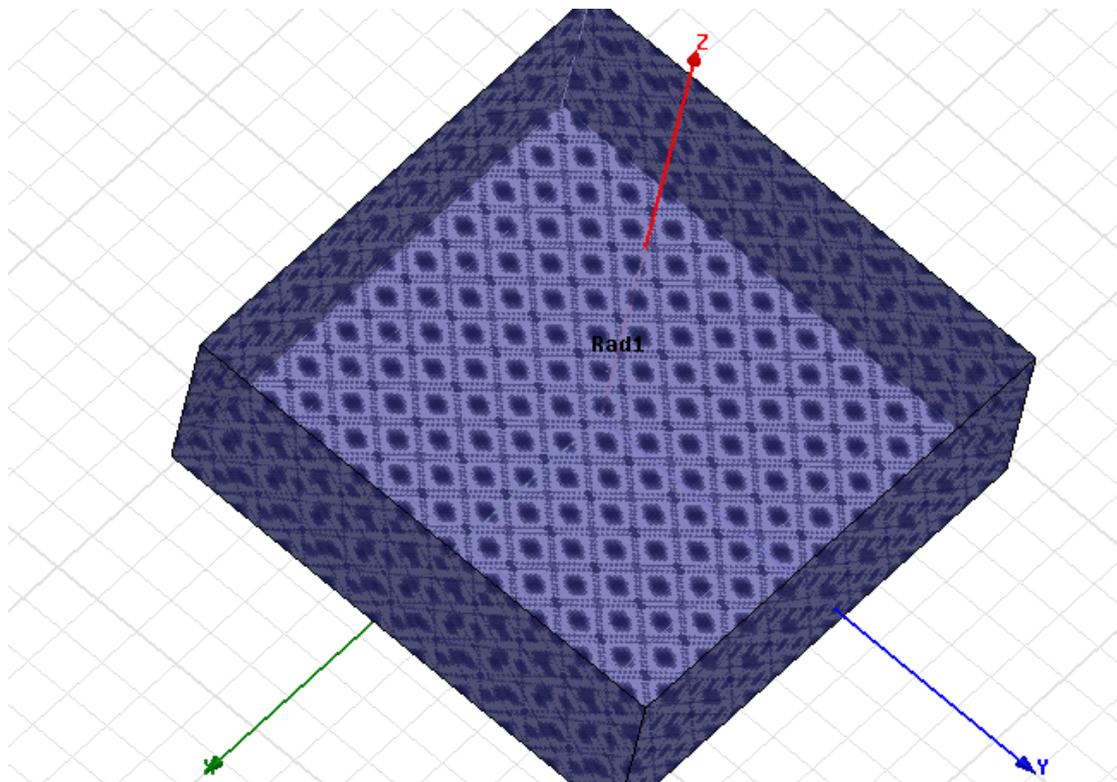
## (2) 设置地板和贴片为有限导体

在绘图历史树中，利用Ctrl键同时选中groudplane和patch项，右键选择Assign Boundary\finite Conductivity,在弹出窗口给边界命名，取默认值。则在工程历史树中的Antenna\Boundaries节点下添加Finite Cond1项



### (3) 设置空气腔为辐射边界条件

在绘图历史树选中 air 项，右键选择 Assign Boundary\Radiation，在弹出的窗口将辐射边界命名为 air1，则在工程历史树 Antenna\Boundaries 下添加 air 项。

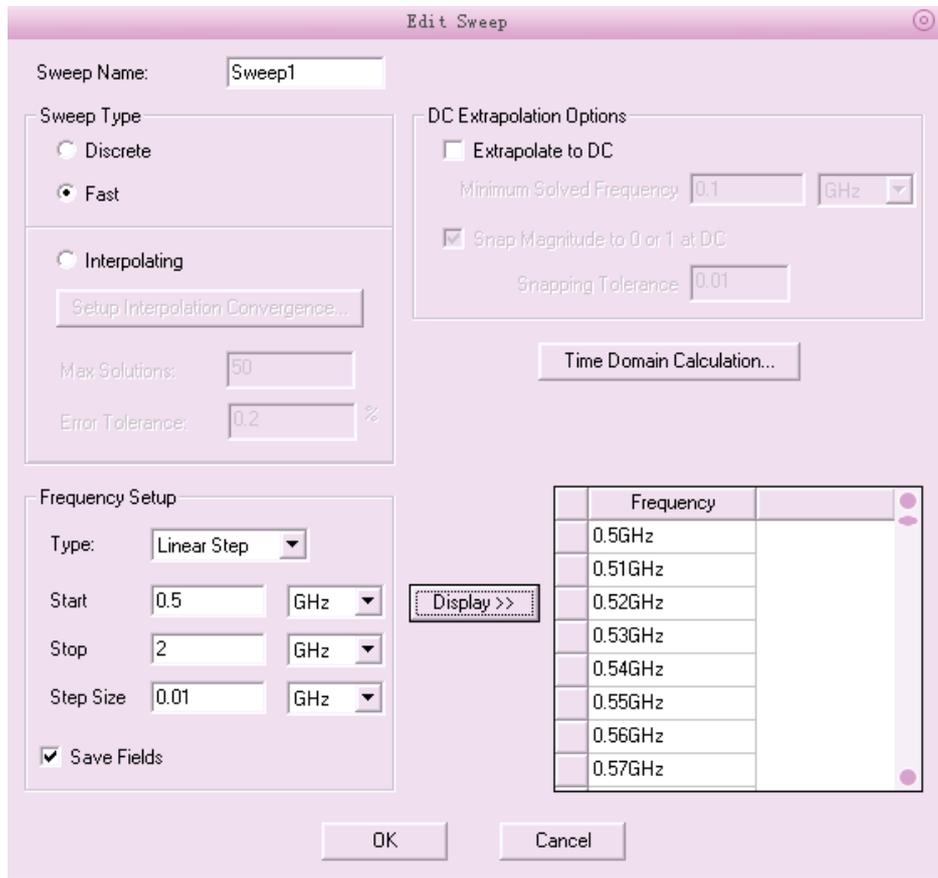


#### (4) 设置端口激励

选定激励平面，点击右键选择Assign excitation/Lumped port，点击下一步，在Integration Line项目选择New Line由下向上画出积分线，点击完成退出激励设置。

### 5、设置求解频率和扫描范围

选定工程管理窗口中的Analysis，点击右键选择Add Solution Setup，弹出Solution Setup对话框，输入求解频率为915MHz，收敛迭代最大步数（Maximum Number of Passes）10，点击确定退出。选定工程管理窗口中的Analysis下的Setup1，点击右键选择Add Sweep（添加扫频），选择扫频类型Sweep Type为Fast，输入计算频率范围，按ok退出。



## 6、设置辐射场

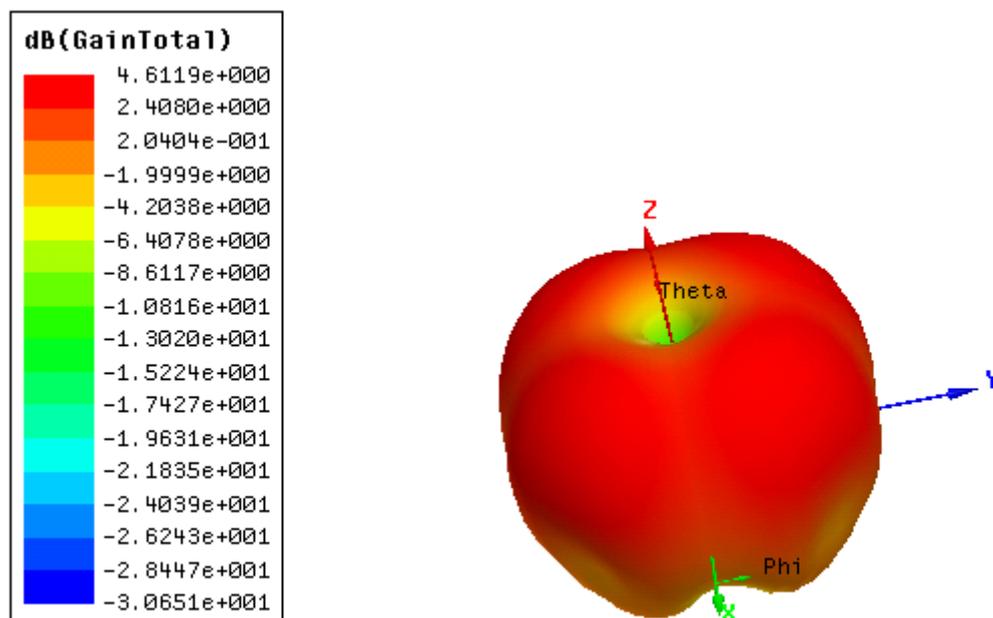
选择工程管理窗口中的Radiation， 点击右键选择insert far field setup， 再选择无限大空间， 进行设置。

## 7、确认设置并分析

由主菜单选HFSS/Validation Check， 则弹出确认检查窗口， 对设计确认没有错误后， 点Close确认， 点HFSS/Analyze进行求解。

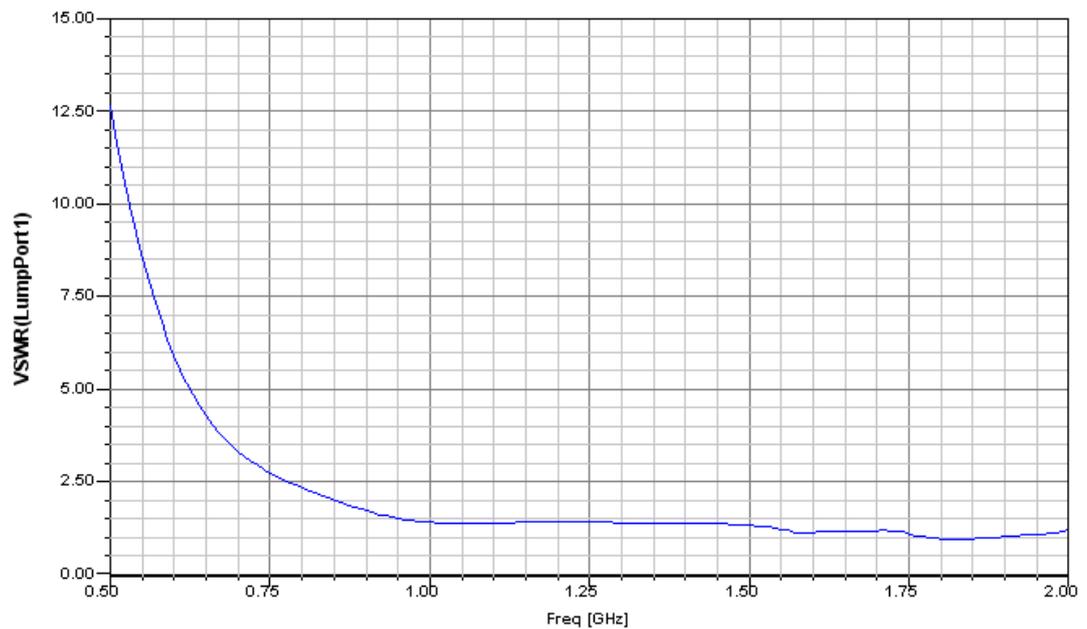
## 8、显示结果

画3D辐射方向图。选定工程管理窗口中的Results， 点击右键选择Create Far Fields report /3D Polar Plot， 按ok确定， 在Solution框选择Setup1: Sweep1， 点击Sweeps， 选择theta和phi为All Values， 在Category框选择增益Gain， 点击Add Trace， 点击Done退出。生成的3D辐射方向图如图：



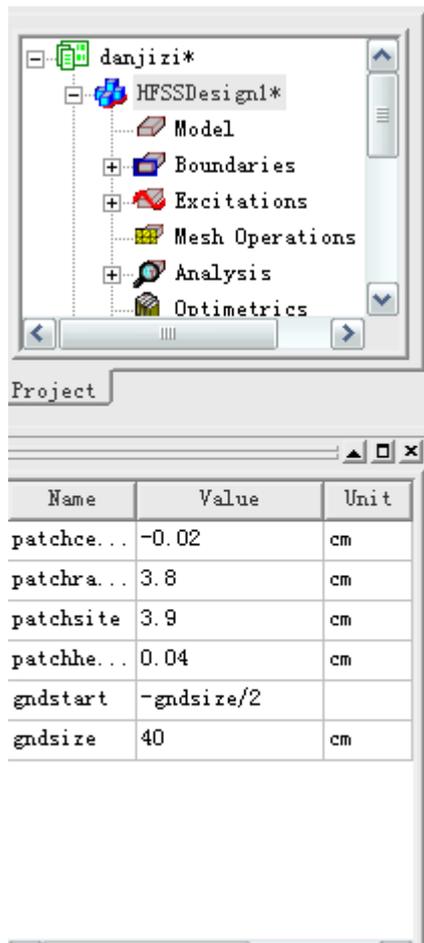
画VSWR曲线。选定工程管理窗口中的Results， 点击右键选择Create Report， 保留缺省值， 按ok确定， 在Category框选择VSWR， 点

击Add Trace, 点击Done退出。生成的VSWR曲线如图



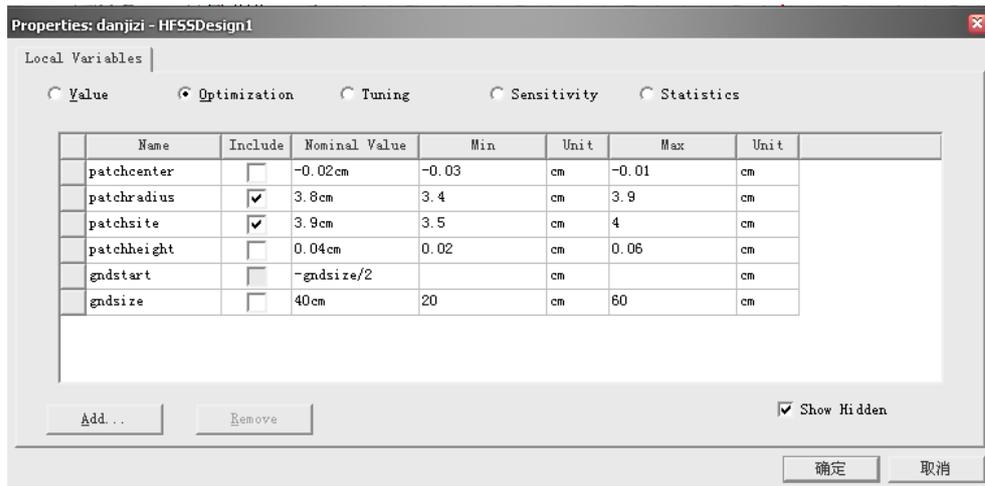
若想改变模型的尺寸, 或想使结果进一步理想化, 我们就可以在刚才设置的变量的基础上使过程简单化。方法如下:

在工程历史树danjizi下方点击HFSSDesign1, 会出现变量参数

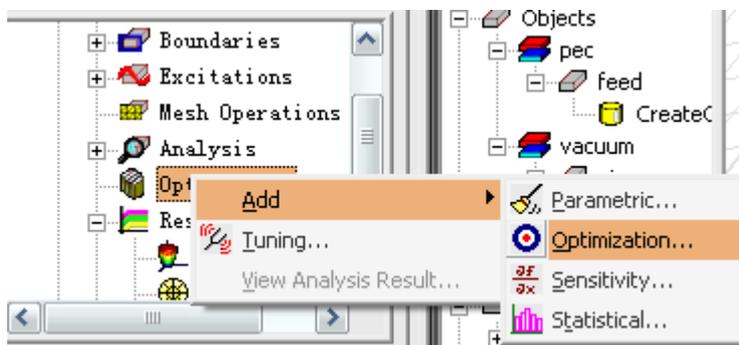


在这里修改要比在绘图历史树中修改要方便得多，这也是设置变量的一个好处。

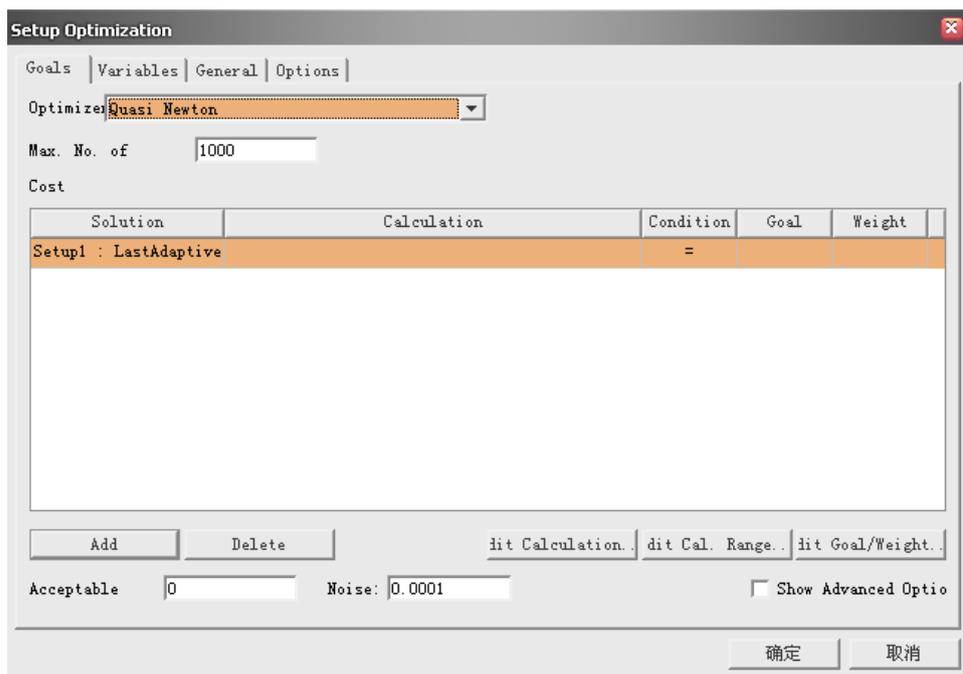
如果要对仿真结果进行优化，在工程历史树 HFSSDesign1 上点右键，选择 Design Properties,在弹出窗口的 Variables 标签页，选择 Optimization, 选中要优化的变量并设置优化范围。

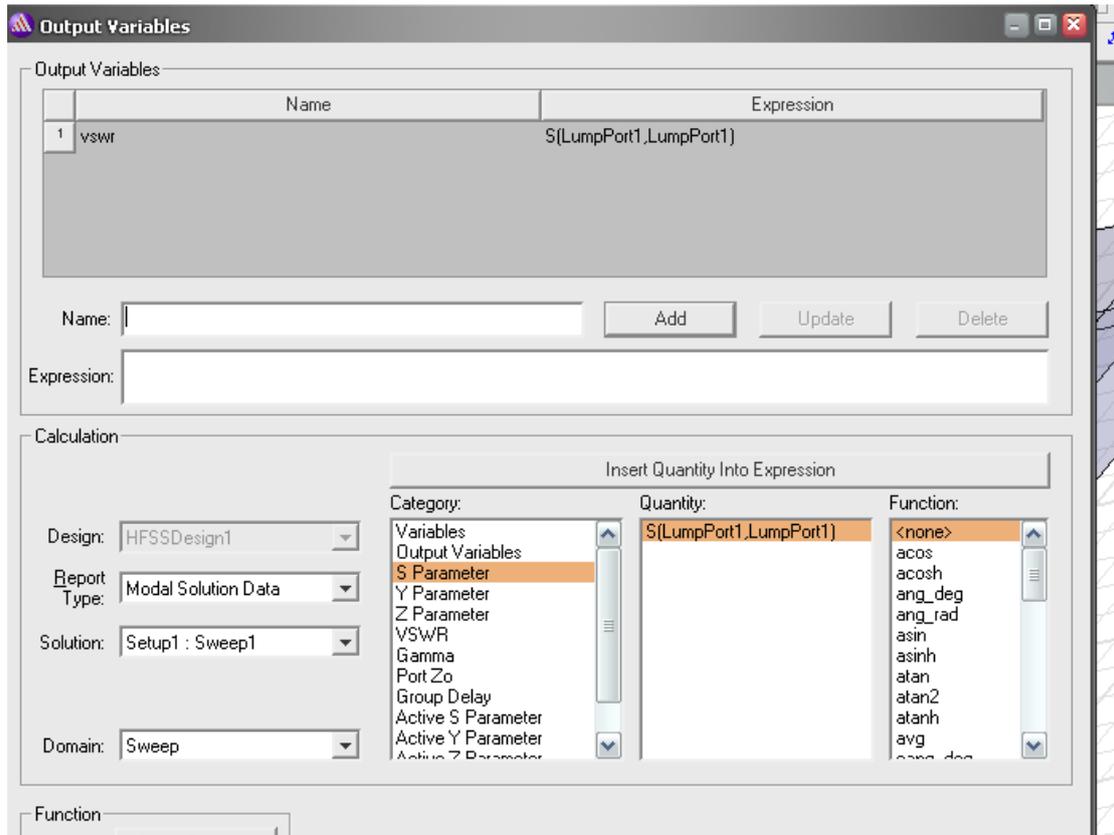


完成后，在工程口的 Analysis 下右击 Optimetrics

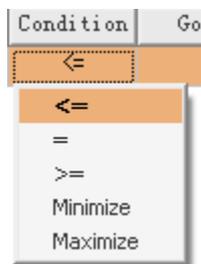


出现下面的对话框，点击 Add, 在 Solution 选择要优化的目标，并点击 Edit Calculation,



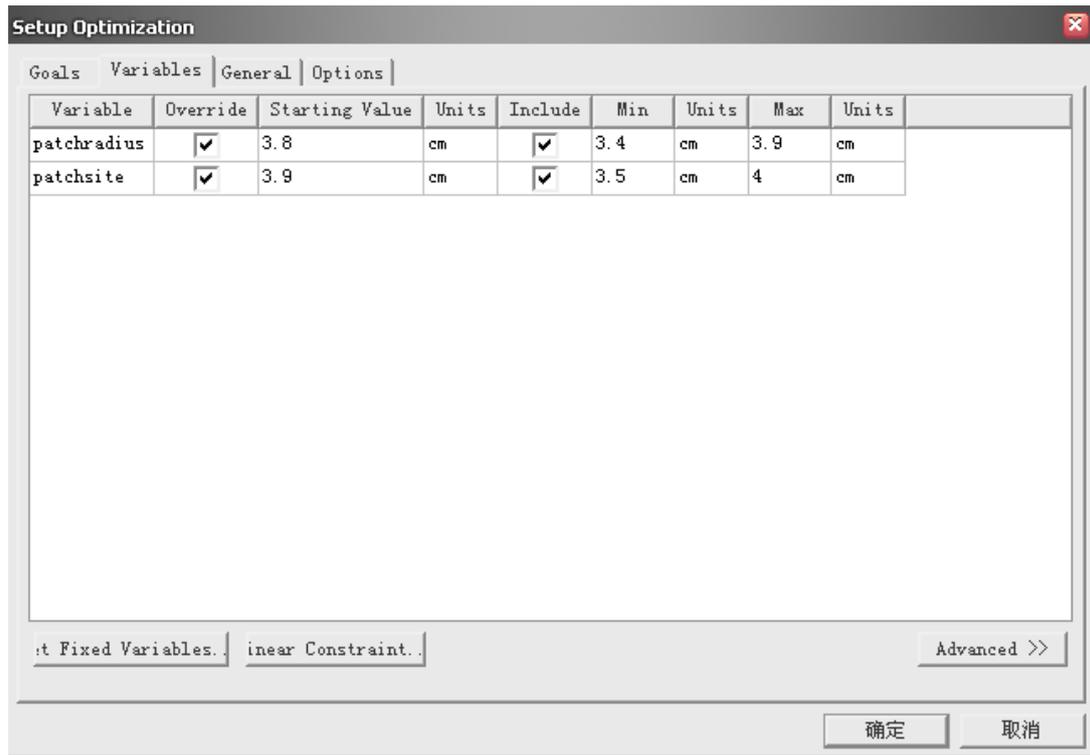


确定后回到原对话框，继续设定化目标，



Solution	Calculation	Calc. Range	Condition	Goal	Weight
Setup1 : Sweep1	vsw	Freq(From 500MHz to 2GHz)	=	2	[1]

完毕后，点击 Variable 标签页，选中要优化的变量，确定。



点击 Analyze 进行分析优化。

