

1. 设计目的:

通过学习和掌握 ANSOFT HFSS 软件，加强学生对相关知识的理解和掌握，提高学生在射频领域的应用能力。

2. 设计内容和要求 (包括原始数据、技术参数、条件、设计要求等):

1) 常规螺旋天线原理的理解与阐述

依照参考文献 1 和 2，理解螺旋天线的工作原理。

2) 常规螺旋天线的 HFSS 仿真分析与设计

对课设指导书给出的螺旋天线例子，在 HFSS 平台上建模，进行仿真分析，包括辐射方向图、方向图带宽、极化特性、S 参数、阻抗带宽等性能指标。

3) 常规螺旋天线的设计

根据螺旋天线的工作频率确定其结构参数及介质板参数。

4) 特定螺旋天线的 HFSS 仿真分析与设计

从设计指导书所列的设计题目中选择其中一个，根据微带天线的工作频率确定其结构参数及介质板参数；进行基于 HFSS 的特定微带天线的建模、激励设置、仿真分析与结果提取；完成满足要求的螺旋天线的设计，如方向图、增益、阻抗带宽、极化方式、等指标要求；结合同组同学的结果，探索其性能指标随结构参数的变化规律。

3. 设计工作任务及工作量的要求 (包括课程设计计算说明书(论文)、图纸、实物样品等):

1) 完成 HFSS 平台的理解与掌握

查阅文献，了解现有的微波与天线仿真分析平台的种类及特点；通过课程设计指导书中偶极子天线与魔 T 的建模及仿真分析，熟悉并掌握 HFSS 平台的特点与使用，学会微波器件的建模及仿真分析方法。

2) 完成常规螺旋天线的结构参数设计与仿真分析

查阅文献，完成常规螺旋天线在特定频率下的结构参数的理论设计；在 HFSS 平台上建模，进行仿真分析，包括辐射方向图、方向图带宽、极化特性、S 参数、阻抗带宽等性能指标与结构参数间关系的探索。

3) 完成特定螺旋天线的 HFSS 仿真分析与设计

从设计指导书所列的设计题目中选择其中一个，完成具有特殊要求的螺旋天线的设计，如增益、带宽、极化方式、多频段的改变；保存所设计的螺旋天线的工程项目文件与源程序。

4) 撰写课程设计说明书

课程设计说明书包括螺旋天线的工作原理，设计指标，所建器件的结构尺寸，建模、激励设置、解算、结果分析与提取，设计总结与体会。

一、设计题目

螺旋天线的仿真设计

二、设计目的

- (1) 熟悉 Ansoft HFSS 软件的使用。
- (2) 学会螺旋天线的仿真设计方法。
- (3) 完成螺旋天线的仿真设计，并查看 S 参数以及场分布。

三、实验原理

螺旋天线 (helical antenna) 是一种具有螺旋形状的天线。它由导电性能良好的金属螺旋线组成，通常用同轴线馈电，同轴线的心线和螺旋线的一端相连接，同轴线的外导体则和接地的金属网（或板）相连接，该版即为接地板。螺旋天线的辐射方向与螺旋线圆周长有关。当螺旋线的圆周长比一个波长小很多时，辐射最强的方向垂直于螺旋轴；当螺旋线圆周长为一个波长的数量级时，最强辐射出现在螺旋旋轴方向上。

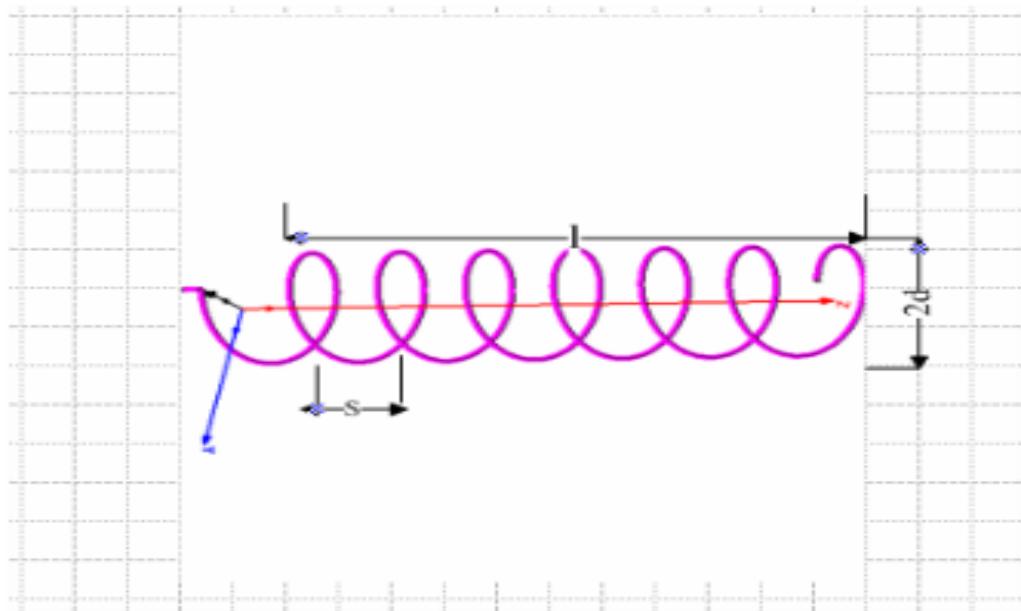


图 1、螺旋天线示意图

四、设计要求

设计一个右手圆极化螺旋天线，要求工作频率为 4G，分析其远区场辐射特性以及 S 曲线。本设计参数为：

螺旋天线的中心频率 $f=2.5\text{GHz}$ ， $\lambda=120\text{mm}$ ；

螺旋导体的半径 $d=0.15\lambda=18\text{mm}$ ；

螺旋线导线的半径 $a=0.5\text{mm}$ ；

螺距	$s=0.25 \lambda = 24\text{mm};$
圈数	$N=7;$
轴向长度	$l=N_s=168\text{mm};$

五、设计仿真步骤

在 HFSS 建立的模型中，关键是画出螺旋线模型。画螺旋线，现说明螺旋线模型的创建。

1、建立新的工程

运行 HFSS，点击菜单栏中的 Project>Insert Hfss Design，建立一个新的工程。

2、设置求解类型

(1) 在菜单栏中点击 HFSS>Solution Type。

(2) 在弹出的 Solution Type 窗口中

(a) 选择 Driven Modal。

(b) 点击 OK 按钮。

3、设置模型单位

将创建模型中的单位设置为毫米。

(1) 在菜单栏中点击 3D Modeler>Units。

(2) 设置模型单位：

a、在设置单位窗口中选择：mm。

b、点击 OK 按钮。

4、设置模型的默认材料

在工具栏中设置模型的下拉菜单中点击 Select，在设置材料窗口中选择 copper（铜）材料，点击 OK 按钮（确定）确认。

5、创建螺旋天线模型

(1) 创建螺旋线 Helix。

在菜单中点击 Draw>Circle，输入圆的中心坐标。X:18 Y:0 Z:0，按回车键结束。输入圆的半径 dX:0.5 dY:0 dZ:0，按回车键结束输入。在特性 (Properties) 窗口中将 Axis 改为 Y。

点击确认。在历史操作树中选中该 circle。在菜单键点击 Draw>Helix，在右下角的输入栏中输入 X:0 Y:0 Z:-12，按回车键结束输入；在右下角的输入栏中输入 dX:0 dY:0 dZ:168；按回

车键；在弹出的 Helix 窗口中，Turn Directions:Right Hand Pitch:24 (mm) Turns:7 ; Radius change per Turn:0 点击 OK。在特性窗口中选择 Attribute 标签，将名字改为 Helix。

(2) 建立螺旋天线与同轴线相连的连接杆 ring。

在菜单中点击 Draw>Cylinder, 创建圆柱模型。输入坐标为 X:18, Y:0 Z:0 , 按回车键结束输入。输入半径 dX:0.5 dY:0 dZ:0 , 按回车键结束输入，输入圆柱长度 dX:0 dY:0 dZ:-5, 按回车键结束输入。在特性窗口中选择 Attribute 选项卡，将名字改为 ring，点击确定。

(3) 创建球体 Sphere1。

为了把 Helix 和 ring 连接起来，创建一个球体 Sphere1，点击 Draw>Sphere, 输入球心坐标 X:18 Y:0 Z:0；按回车键结束输入。输入球体半径，dX:0.5 dY:0 dZ:0；在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签，将该圆柱的名字改为 Sphere1。

(4) 将 Helix、ring 和 Sphere1 结合起来。在菜单栏中点击 Edit>Select>By Name，在弹出的窗口中利用 Ctrl 键选择 ring,Helix 和 Sphere。在菜单栏中点击 3Dmodeler>Boolean>Unite。点击 OK 结束。形成的模型如下图 2 所示。

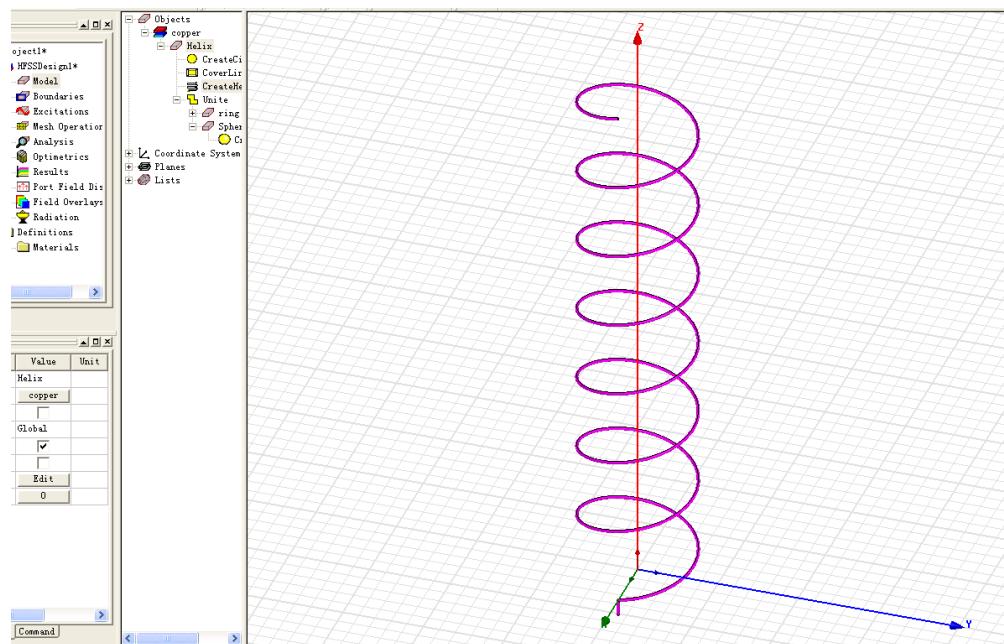


图 2-螺旋线模型

6、建立同轴线馈线。

(1) 在菜单栏中点击 Draw>Cylinder, 创建圆柱模型。在坐标栏中输入圆柱中心点的坐标：X: 18, Y: 0, Z: -5.3426 按回车键结束输入。在坐标栏中输入圆柱半径：dX: 8.326, dY: 0,

dZ: 0 按回车键结束输入。在坐标输入栏中输入圆柱的长度: dX: 0, dY: 0, dZ: 0.3426 按回车键结束输入。在特性(Property)窗口中选择 Attribute 标签, 将该圆柱的名字改为 ringout。再选择 command 标签, 将 Axis 改为 Z, 按确定键结束。

(2) 在菜单栏中点击 Draw>Cylinder, 创建圆柱模型。在坐标栏中输入圆柱中心点的坐标: X: 18, Y: 0, Z: -5.3426 按回车键结束输入。在坐标栏中输入圆柱半径: dX: 8.3, dY: 0, dZ: 0 按回车键结束输入。在坐标输入栏中输入圆柱的长度: dX: 0, dY: 0, dZ: 0.3426 按回车键结束输入。在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签, 将该圆柱的名字改为 ringin。再选择 command 标签, 将 Axis 改为 Z, 按确定键结束。

(3) 在菜单栏中点击 Edit>Select>By Name, 在弹出的窗口中利用 Ctrl 键选择 ringout, ringin。在菜单栏中点击 3Dmodeler>Boolean>Subtract, 在 Subtract 窗口中作如下设置: Blank Parts:ringout, Tool Parts:ringin, Clone tool objects before subtract 复选框不选 OK。

(4) 创建内导体 ringcenter。在菜单栏中点击 Draw>Cylinder, 创建圆柱模型。在坐标栏中输入圆柱中心点的坐标: X: 18, Y: 0, Z: -5.355 按回车键结束输入。在坐标栏中输入圆柱半径: dX: 0.5, dY: 0, dZ: 0 按回车键结束输入。在坐标输入栏中输入圆柱的长度: dX: 0, dY: 0, dZ: 0.355 按回车键结束输入。在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签, 将该圆柱的名字改为 ringcenter。再选择 command 标签, 将 Axis 改为 Z, 按确定键结束。

7、(1) 创建端口面, 再菜单键中点击 Draw>Cricle。在坐标输入栏中输入圆心点的坐标: X: 18, Y: 0, Z: -5.3426 按回车键。在坐标输入栏中输入半径 dX: 0, dY: 0.5, dZ: 0 按回车键。在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签, 将名字改为 port2。同理再菜单键中点击 Draw>Cricle。在坐标输入栏中输入圆心点的坐标: X: 18, Y: 0, Z: -5.3426 按回车键。在坐标输入栏中输入半径 dX: 0, dY: 8.3, dZ: 0 按回车键。在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签, 将名字改为 port1。

(2) 用 port2 减 port1。在菜单栏中点击 Edit>Select>By Name, 在弹出的窗口中利用 Ctrl 键选择 port1, port2。在菜单栏中点击 3Dmodeler>Boolean>Subtract, 在 Subtract 窗口中作如下设置: Blank Parts:port1, Tool Parts:port2, Clone tool objects before subtract 复选框选。点击 OK 结束设置。

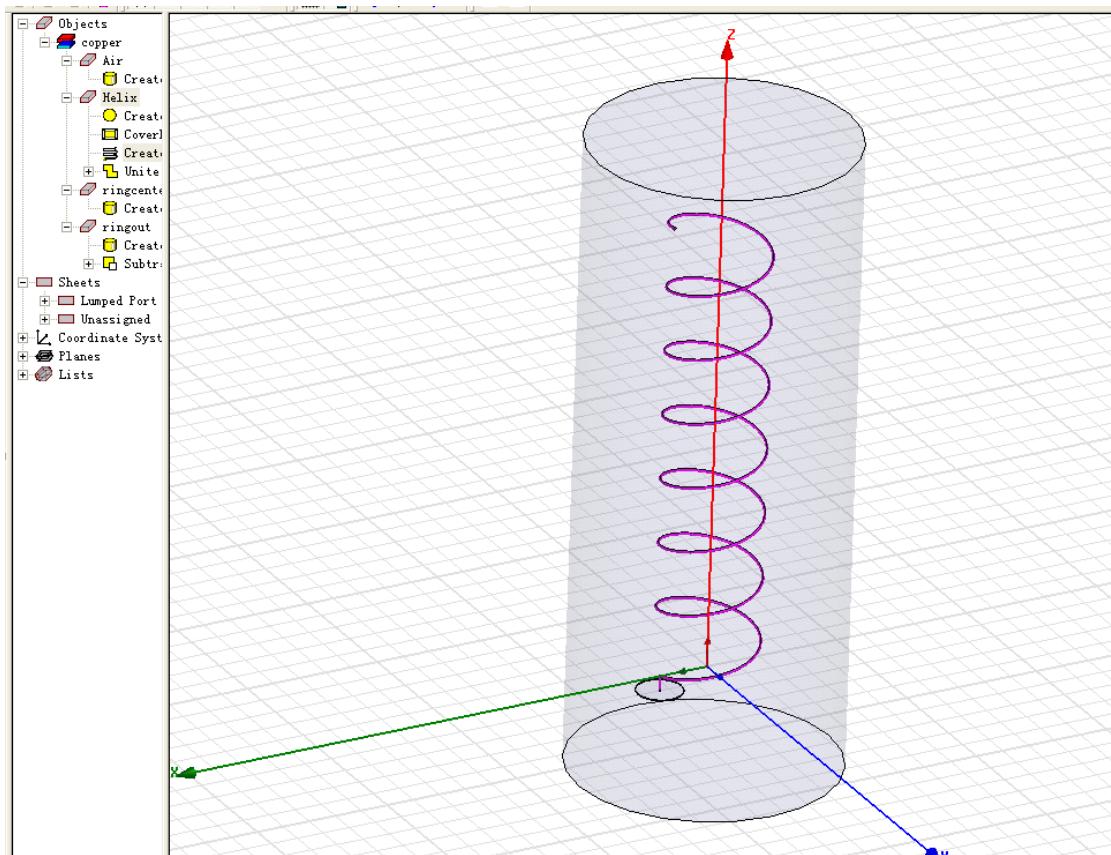
8、创建辐射边界

(1) 设置默认材料。

在工具栏中设置模型的默认材料为空气 (air)。

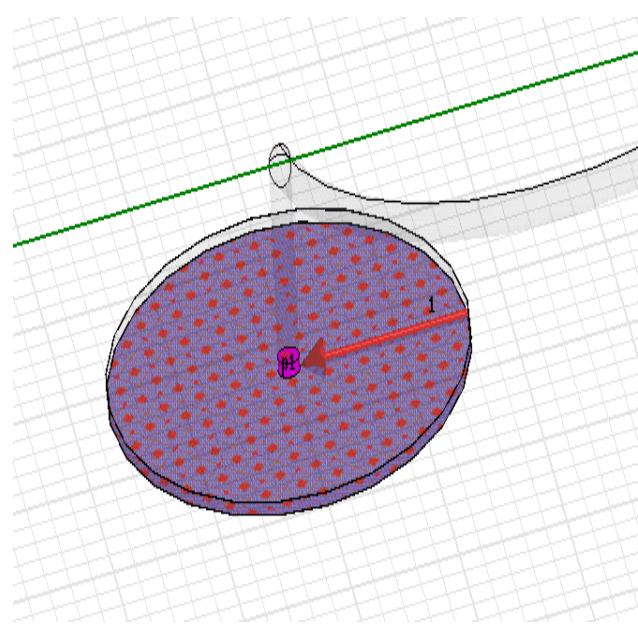
(2) 创建 Air。在菜单栏中点击 Draw>Cylinder, 创建圆柱模型。在坐标栏中输入圆柱中心点的坐标: X: 0, Y: 0, Z: -35.355 按回车键结束输入。在坐标栏中输入圆柱半径: dX: 48, dY: 0, dZ: 0 按回车键结束输入。在坐标输入栏中输入圆柱的长度: dX: 0, dY: 0, dZ: 233.355 按回车键结束输入。在特性 (Property) 窗口中选择 Attribute 标签, 将该圆柱的名字改为 Air, 按确定键结束。在 3D 模型窗口中以合适大小显示 (可用 Ctrl+D 操作)。

(3) 设置辐射边界。在菜单栏中点击 Edit>Select>By Name, 在弹出的窗口中选择 Air, 点击 OK 按钮。在菜单栏中点击 HFSS>Boundaries>Radiation。在辐射边界窗口中, 将辐射边界命名为 Rad1, 点击 OK 结束。得到下图



创建后的模型结构图

9、创建端口激励,

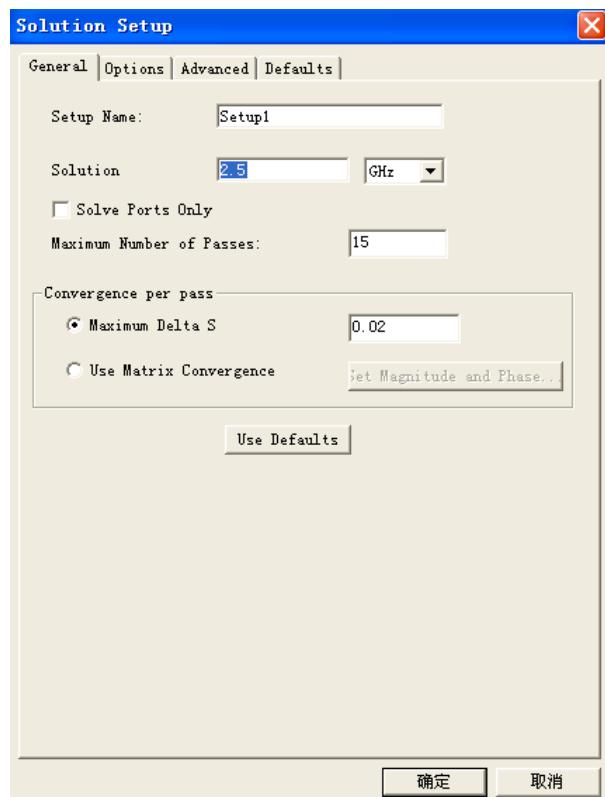


在菜单栏中点击 Edit>Select>By Name，在弹出的窗口中选择 port1，在菜单栏中点击 HFSS>Excitations>Assign>Lumped Port。在 Lumped Port 窗口中 General 标签中，将该端口命名为 p1。在 Modest 标签中设置积分线，在 Integration Line 中点击 None，选择 New Line，在标栏中输入 X: 9.7, Y: 0, Z: -5.3426, dX: 7.8, dY: 0, dZ: 0。按回车键结束输入。点击 Next 直至结束。如图所示。

端口激励图

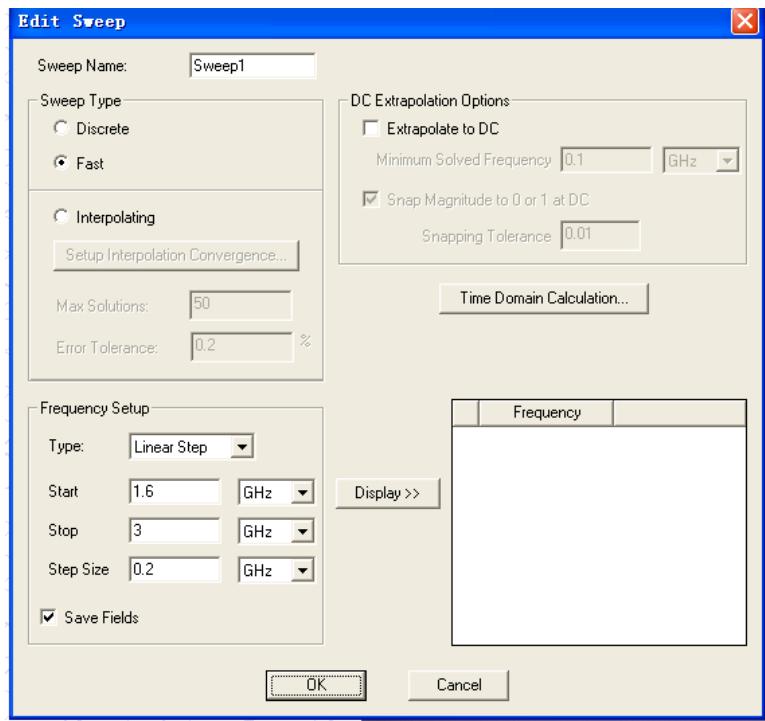
10、求解设置

(1) 设置求解频率。



在菜单栏中点击 HFSS>Analysis Setup>Add Solution Setup。在求解设置窗口中做一下设置： Solution Frequency: 2.5GHZ; Maximum Number of Passes: 15; Maximum Delta S per Pass: 0.02; 点击 OK 按钮。

(2) 设置扫频。



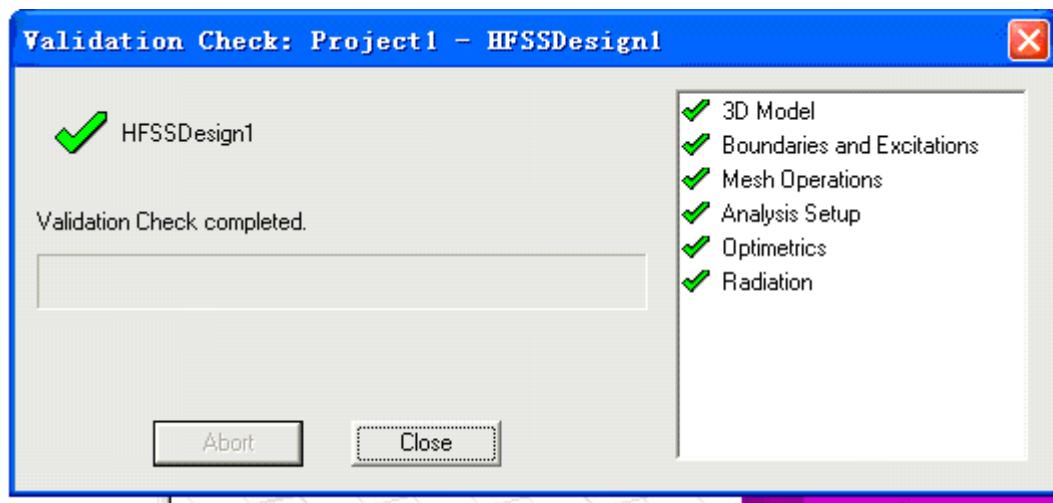
在菜单栏中点击
HFSS>Analysis Setup>Add Sweep。
选择 Setup1，点击 OK 按钮。在扫频
窗口中做一下设置：Sweep Type:
Fast; Frequency Setup Type: Linear
Count; Start: 1.6GHz, Stop: 3.0GHz;
间隔为 0.2GHz。将 Save Field 复选
框选中，点击 OK 按钮确认，这一步
操作为了将扫频中每一频点的场都
保存下来。

11、设置无限大球面

菜单栏 HFSS>Radiation>Insert Far Field Setup>Infinite Sphere, 设置：Phi: Start:
0, Stop:180, Step Size: 90; Theta: Start: 0, Stop:360, Step Size: 10。点击 OK 按钮。

12、确认设计

由主菜单选 HFSS/Validation Check 对设计进行确认，如下图所示。点 Close 结束。



确认设计图

13、保存工程

在菜单栏中点击 File>Save As, 在弹出的窗口中将工程命名为 hfss_luoxuan, 并选择保存路径。

14、求解该工程

在菜单栏点击 HFSS>Analyze。可能会花几个小时，耐心等待。

15、后处理操作

(1) S 参数曲线 (反射系数)。

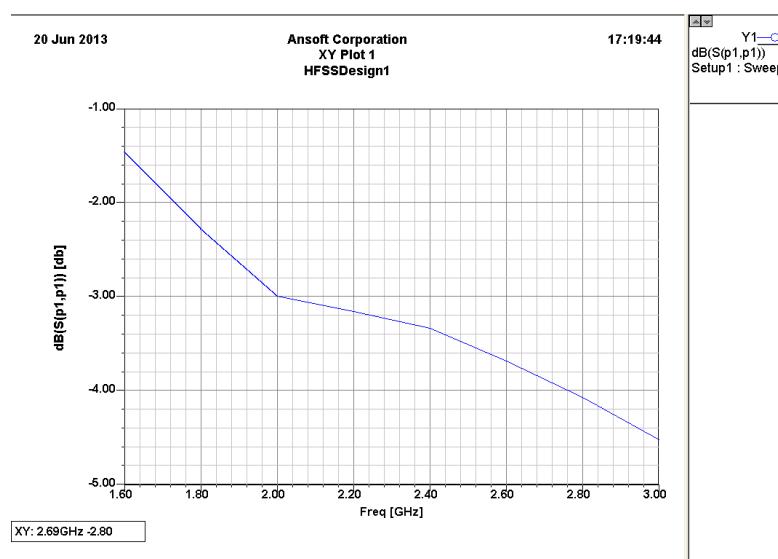
该问题为单端口问题，因此反射系数是 S_{11} 。点击菜单栏 HFSS>Result>Create Report。做以下选择：Report Type: Modal S Parameters; Display Type: Rectangle 点击 OK 按钮。在 Trace 窗口中：Solution: Setup1; Sweep: Sweep 点击 Y 标签，选择：Category: S parameter; Quantity: S (p1, p1); Function: dB，然后点击 Add Trace 按钮。如图一。

(2) 2D 辐射远场方向图。

在菜单栏点击 HFSS>Result>Create Report。在创建报告窗口中做以下选择：Report Type: Far Fields; Display Type: Radiation Pattern。点击 OK 按钮。在 Trace 窗口中做以下设置：Solution: Setup1: LastAdaptive; Geometry: ff_2d。在 Sweep 标签中，在 Name 这一项点击第一个变量 Phi，在下拉菜单中选择 The。点击 Mag 标签，选择：Category: Gain; Quantity: Gain Total; Function: dB，然后点击 Add Trace 按钮。按 Done 完成，如图二。

六、仿真结果

1. 反射系数 S_{11} 曲线

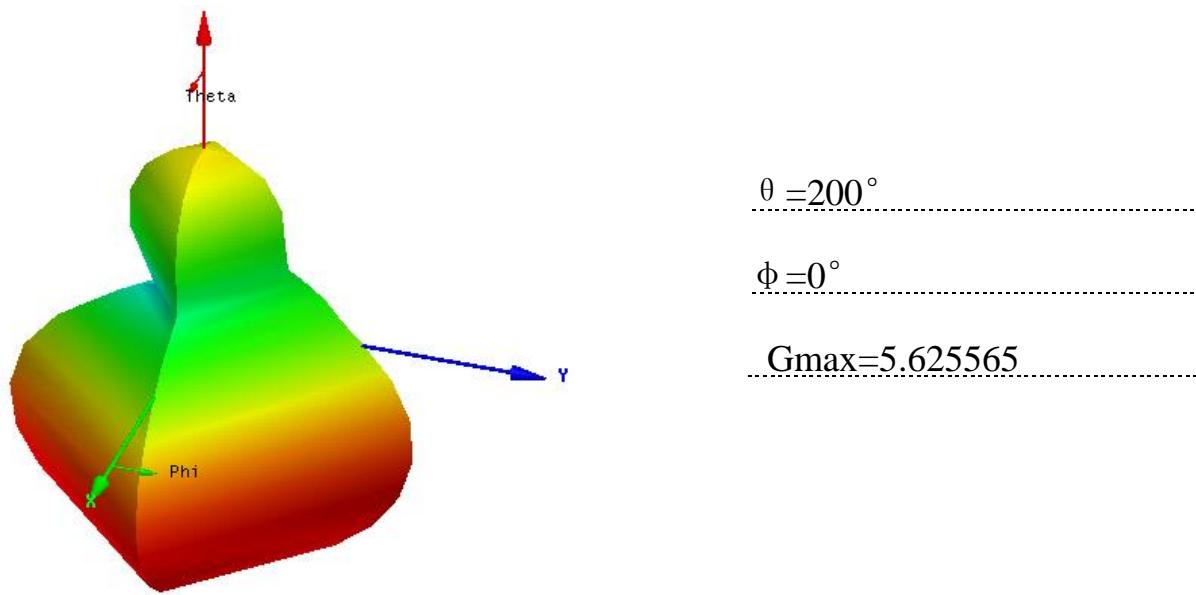


S_{11} 越小，反射波越小，也就是天线辐射出去的能量越多。

主瓣宽度尽可能窄，以抑制干扰。旁瓣电频尽可能低，如果干扰方向恰与旁瓣最大方向相同，则接收噪声功率就会较高，也就是干扰较大。

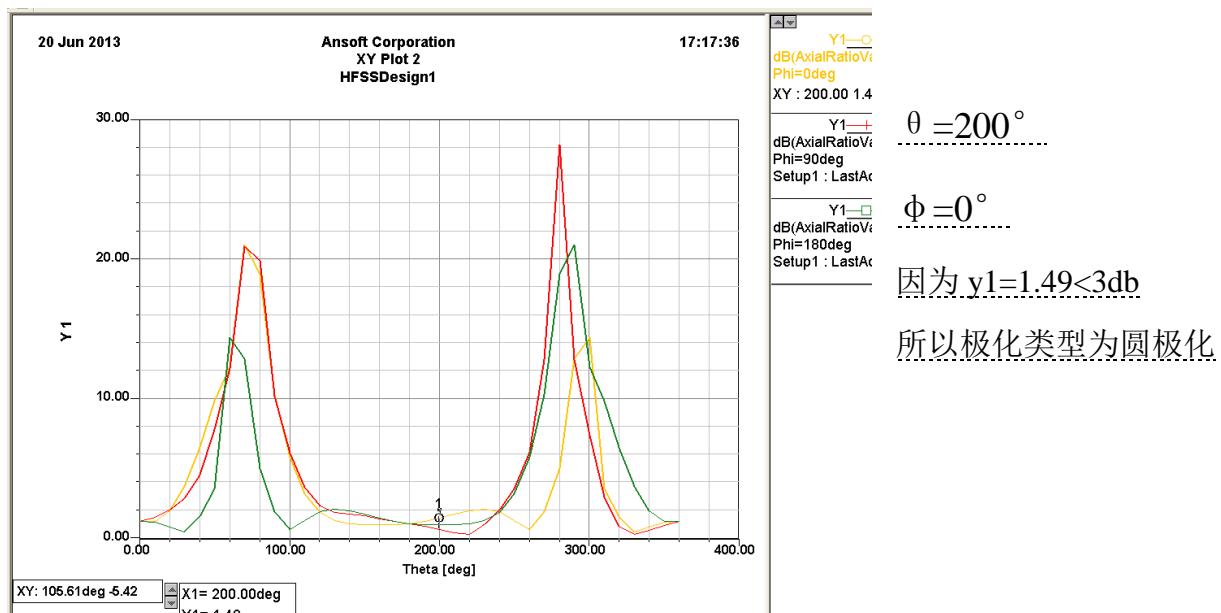
图一，反射系数 S_{11} 曲线

2. D 增益方向图



图二 D 增益方向图

3、轴比曲线



图三 轴比曲线图

七. 设计分析:

经过四分之一周期后，轴向辐射场由 y 方向变相为 x 方向，即矢量场旋转了 90° ，但振幅不变。一次类推，经过一个周期的时间，电场矢量将连续地旋转 360° ，从而形成了圆极化

波。当 $d/\lambda \approx 0.25—0.45$ 时，螺旋天线一周的周长接近一个波长，此时天线上的电流呈行波

分布，则天线的辐射场呈圆极化波，其最大辐射方向沿轴线方向。由于在轴向辐射螺旋天线上电流接近平行波分布，所以在一定的带宽内，其阻抗变化也不大，且基本接近纯电阻。另外，它仅在末端有很小的反射。由于反射回接地平面的场非常弱，因此接地平面的影响可以忽略，且对接地平面尺寸的要求也不严格，只要大于半波长即可，形状一般是金属圆盘。

八、设计总结

这次微波技术与天线的螺旋天线的仿真设计中遇到了许多的问题，首先是没有具体的设计参数和步骤，其次是涉及许多的专业知识和实践经验等许多问题。但是通过老师及同学的热心帮助，和自己的不断努力和尝试，最后终于完成了实验，通过这次的课程设计，让我对这门课程的知识有了更深的认识，对我以后的学习有了很大的帮助。让我明白以后分析问题要更加全面，以及和实际情况的联系。

通过这次课设，我对 HFSS 平台也有了一定的了解，HFSS 从简单的单极子天线到复杂雷达系统都可以精确的预测其电磁性能。

九、参考文献

- 1) 刘学观, 郭惠萍. 微波技术与天线. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006
- 2) 林昌禄, 天线工程手册. 北京: 科学出版社, 2007
- 3) 谢拥军, HFSS 电磁仿真设计应用详解. 北京: 电子工业出版社, 2010
- 4) 本课程的课程设计指导书 V2.0, 2013