

天线理论与设计：仿真作业 2

—— 单极子天线的 HFSS 仿真

3190102060 黄嘉欣

一、单极子天线的 HFSS 仿真设计

① 新建设计工程

1) 运行 HFSS 并新建工程，将工程文件另存为 monopole.aedt，如图所示：

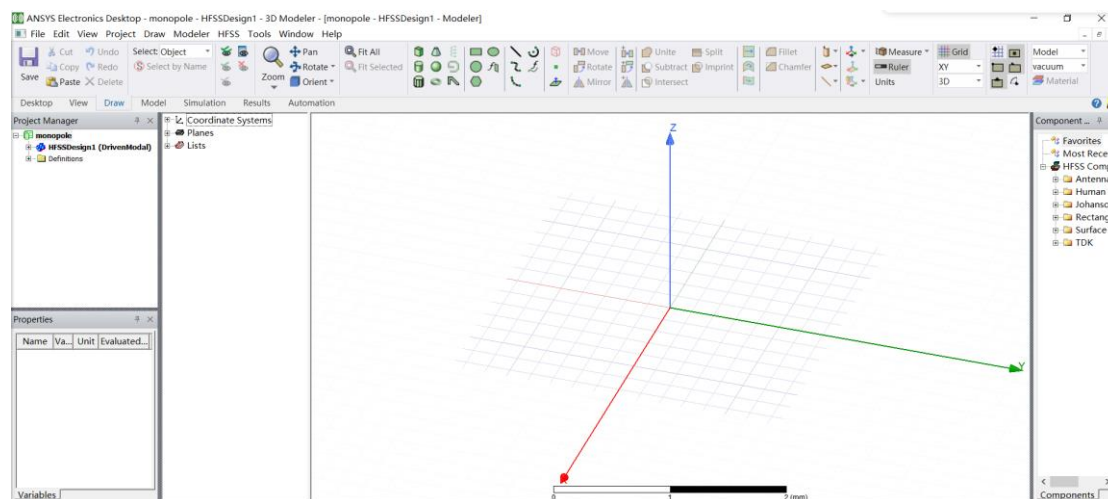


图 1.1.1 新建 HFSS 工程

2) 设置求解类型，在主菜单栏中选择 HFSS—Solution Type,在弹出窗口中选择 Modal,单击 OK，完成设置，如图：

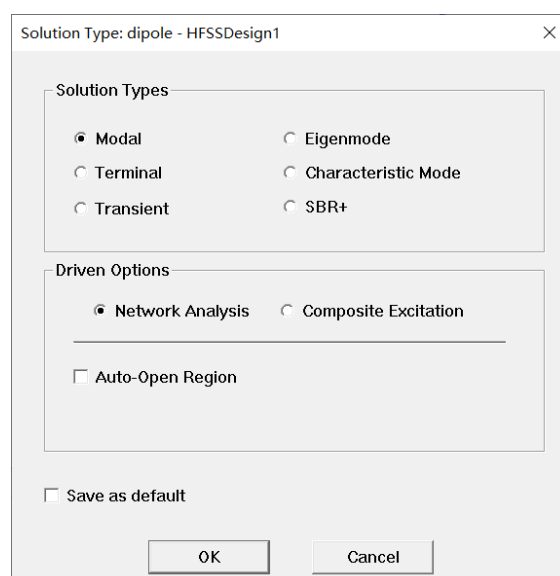


图 1.1.2 设置求解类型

3) 设置模型长度单位，在主菜单栏中选择 Modeler—Units，选择 mm，如图所示：

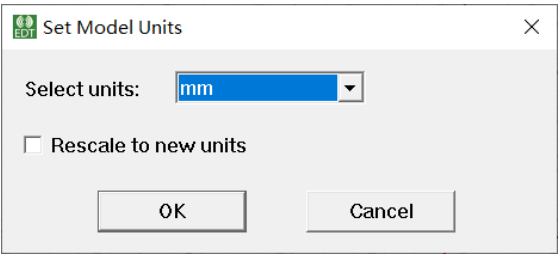


图 1.1.3 设置模型长度单位

② 添加和定义设计变量

- 1) 在主菜单栏中选择 HFSS—Design Properties，打开涉及属性对话框，单击 Add 按钮，打开 Add Property 对话框，在 name 一栏填写 lambda，初始值为 1000mm，然后单击 OK，如图：

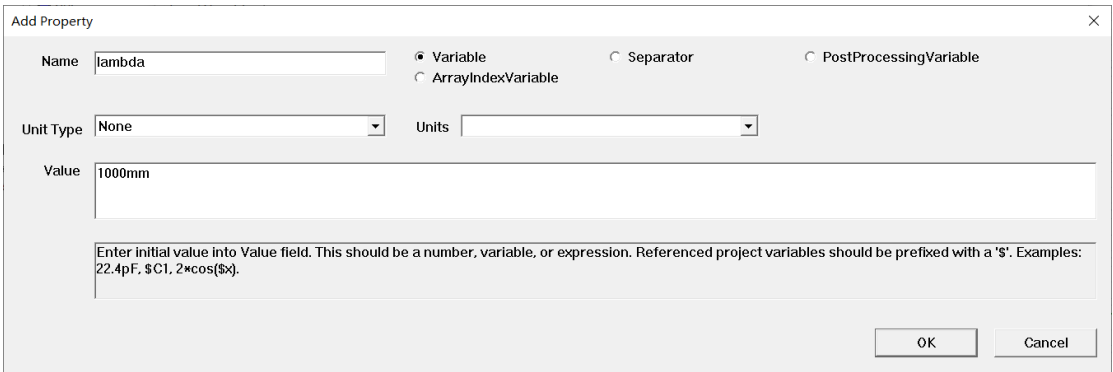


图 1.2.1 定义 lambda

- 2) 依次定义变量 GND_length，初始值为 lambda；定义变量 Height，初始值 lambda/4；定义变量 Radius，初始值 lambda/100；定义变量 gap，初始值 lambda/4000，点击确定，如下图所示：

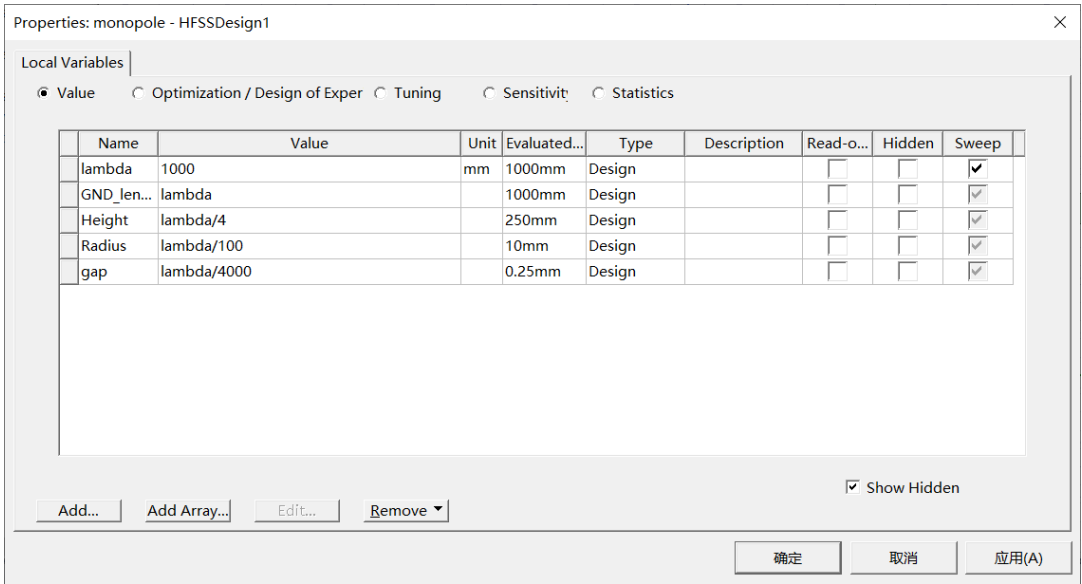


图 1.2.2 依次定义变量

③ 生成天线

- 1) 创建单极子天线模型，在主菜单栏中选择 **Draw—Rectangle** 或单击工具栏上的矩形按钮，进入创建矩形面的状态。新建的矩形面会添加到操作历史树的 **Sheets** 节点下，默认名为 **Rectangle1**，如图：

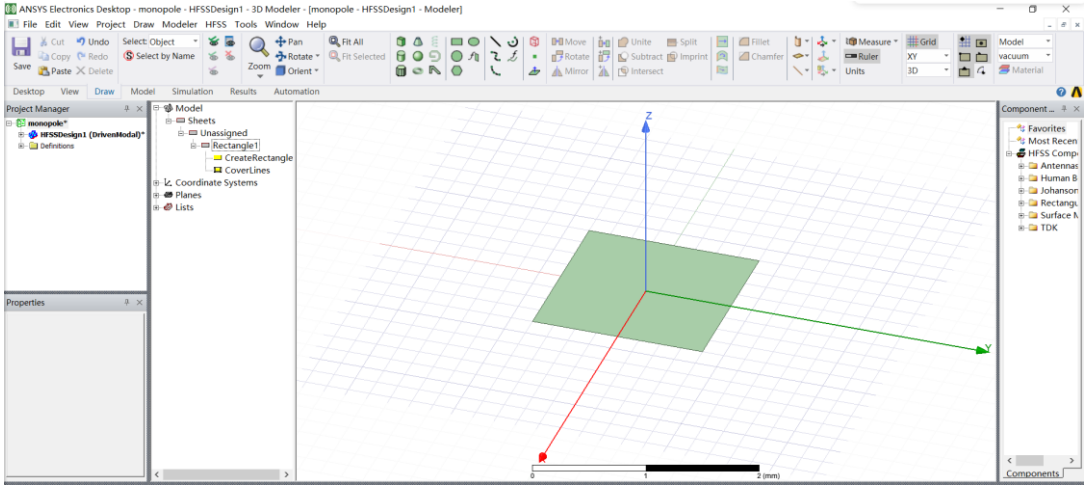


图 1.3.1 创建矩形面

- 2) 双击操作历史树中 **Sheets** 下的 **Rectangle1** 节点，将矩形面名称设置为 **GND**，如图：

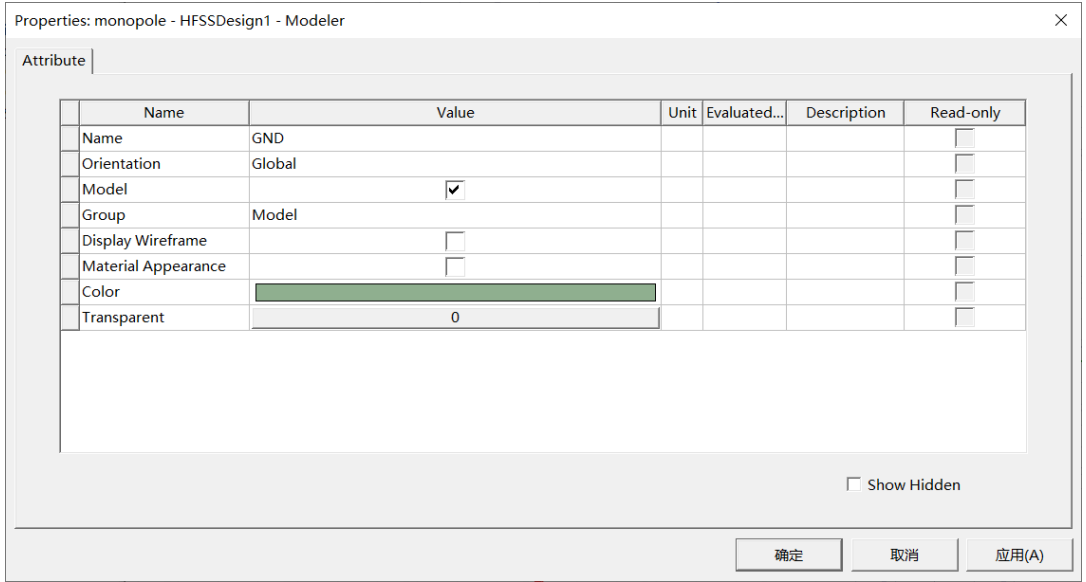


图 1.3.2 设置矩形面

- 3) 双击操作历史树下 **GND** 下的 **CreateRectangle** 节点，打开新建矩形面属性对话框的 **Command** 选项卡，在选项卡中设置矩形面的中心坐标和边长。在 **Position** 文本框中输入左上角坐标 $(-GND_length/2, -GND_length/2, 0)$ ，在 **XSize** 文本框中输入 X 边长 **GND_length**，在 **YSize** 文本框中输入 Y 边长 **GND_length**，点击确定，完成矩形面 **GND** 的创建，如图所示：

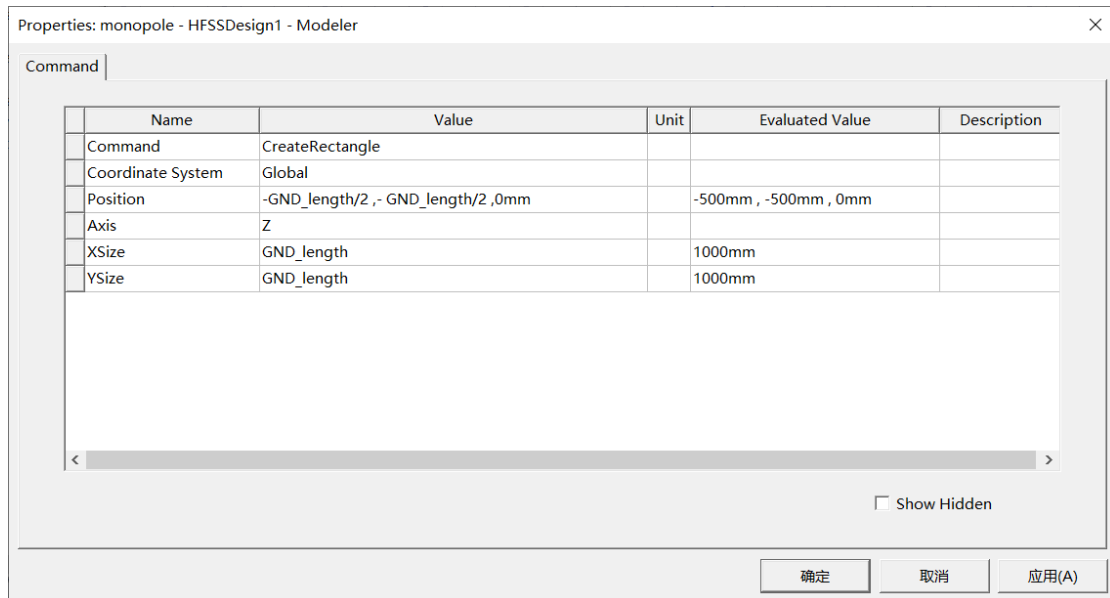


图 1.3.3 设置矩形面属性

- 4) 生成单极子天线的臂，在主菜单栏中选择 **Draw—Cylinder** 或单击工具栏上的圆柱体按钮，进入创建圆柱体的状态。新建的圆柱体会添加到操作历史树的 **Solids** 节点下，默认名为 **Cylinder1**，如图：

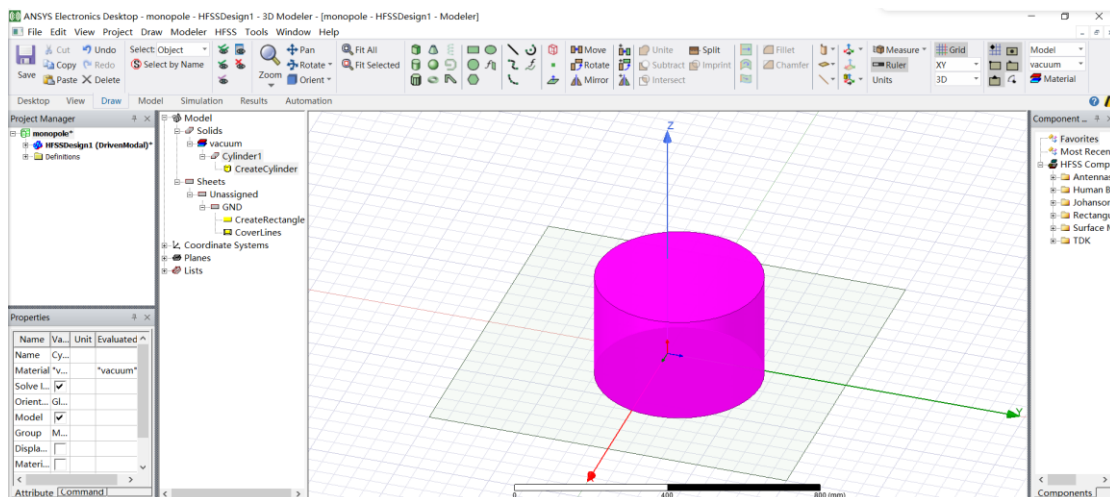


图 1.3.4 创建圆柱体

- 5) 双击操作历史树中 **Solids** 下的 **Cylinder1** 节点，将圆柱体名称设置为 **monopole**，材质为 **pec**，如图：

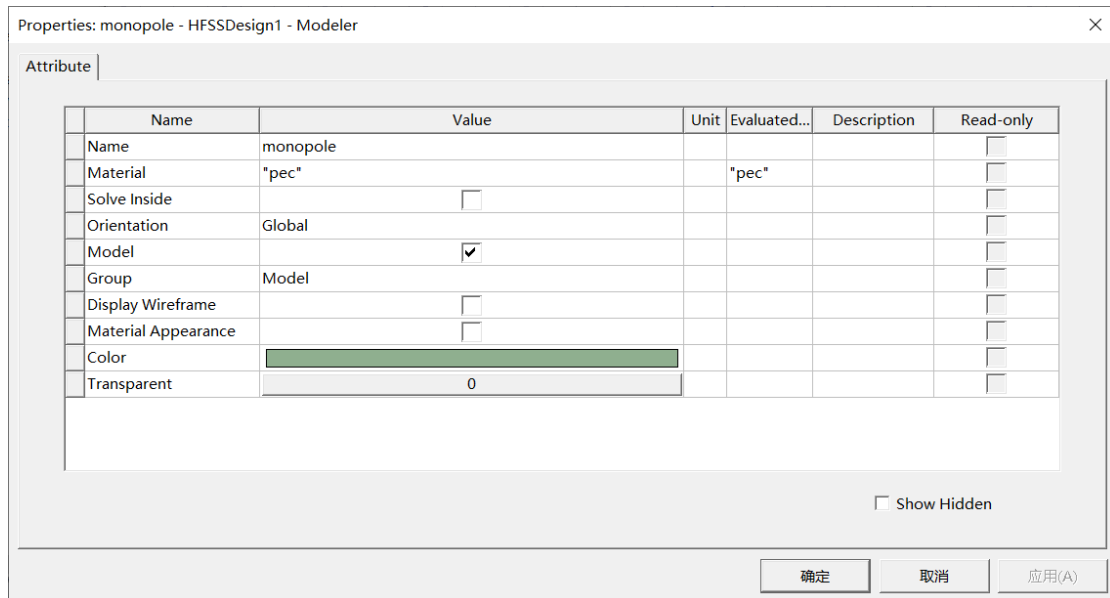


图 1.3.5 设置圆柱体材质

- 6) 双击操作历史树下 **monopole** 下的 **CreateCylinder** 节点，打开新建圆柱体属性对话框的 **Command** 选项卡，在选项卡中设置圆柱体的底面圆心坐标、半径和长度。在 **Center Position** 文本框中输入底面圆心坐标(0, 0, gap)，在 **Radius** 文本框中输入半径值 **Radius**，在 **Height** 文本框中输入长度值 **Height**，点击确定，完成圆柱体 **monopole** 的创建，如图所示：

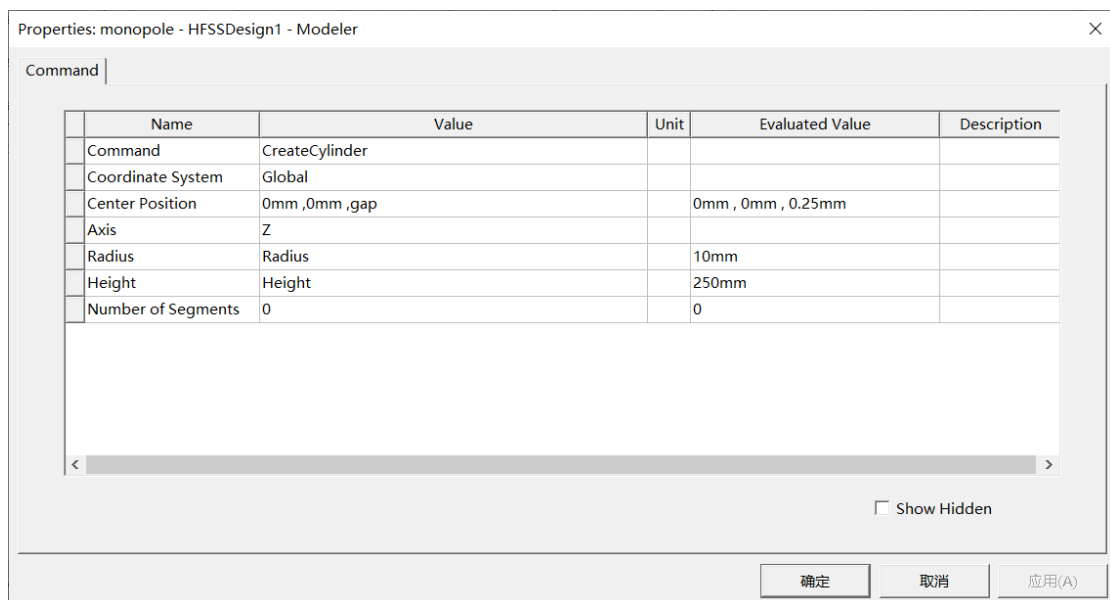


图 1.3.6 设置圆柱体属性

- 7) 设置端口激励，单击工具栏上的 **XY** 下拉菜单列表框，选择 **YZ** 选项，将当前工作面设置为 **yz** 平面，如图：



图 1.3.7 设置工作平面

- 8) 从主菜单栏中选择 **Draw—Rectangle**，新建的矩形面会添加到操作历史树的 **Sheets** 节点下，其默认名称为 **Rectangle1**，如图所示：

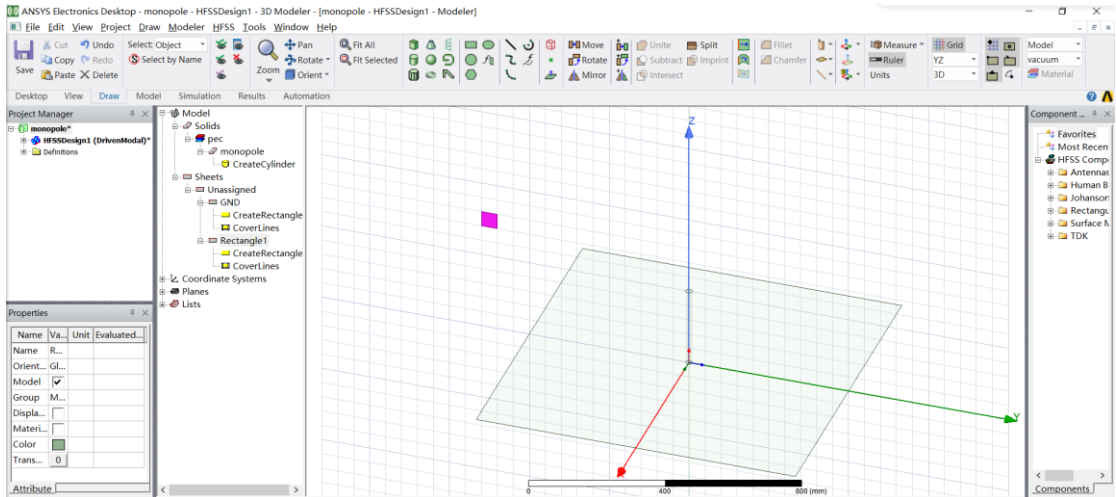


图 1.3.8 创建矩形面

- 9) 双击操作历史树 **Sheets** 下的 **Rectangle1** 节点，打开新建矩形面属性对话框，将矩形面的名称设置为 **Port**，如图：

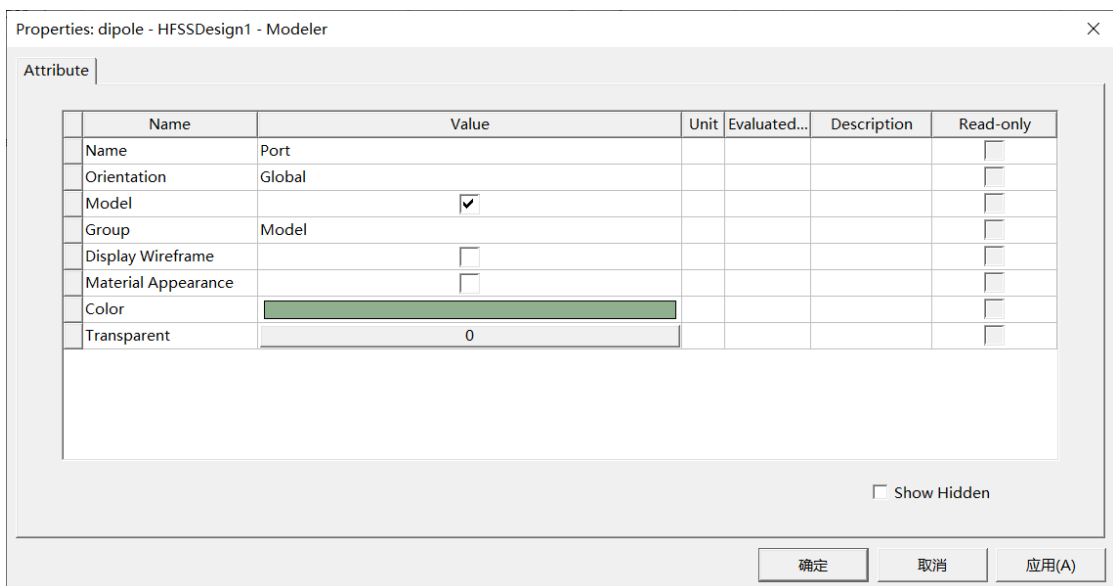


图 1.3.9 设置矩形名称

- 10) 双击操作历史树 **Port** 下的 **CreateRectangle** 节点，打开新建矩形面属性对话框的 **Command** 选项卡，在选项卡中设置举行面的顶点坐标和大小。在 **Position** 文本框中输入顶点坐标(0, -Radius, 0)，在 **Ysize** 和 **Zsize** 文本框中分别输入矩形面的长和宽为

2*Radius 和 gap，点击确定，如图所示：

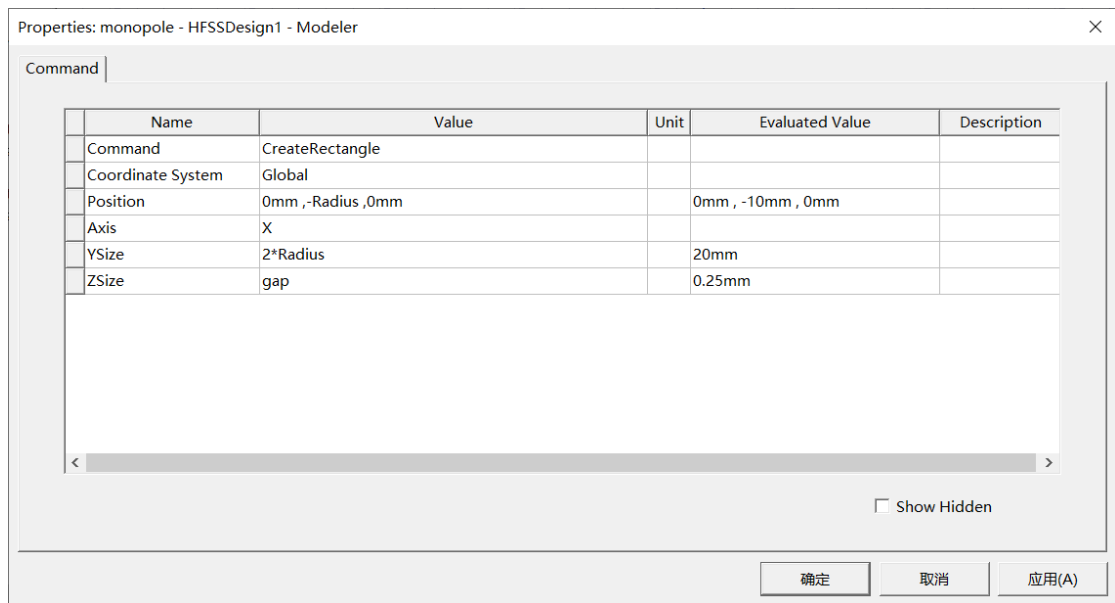


图 1.3.10 设置端口属性

④ 设置端口激励

- 1) 将 GND 设置为完美电导体，在操作历史树的 Sheets 节点下选中 GND，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选中 Assign Boundary—Perfect E，并将 Name 改为 GND，单击 OK，如图：

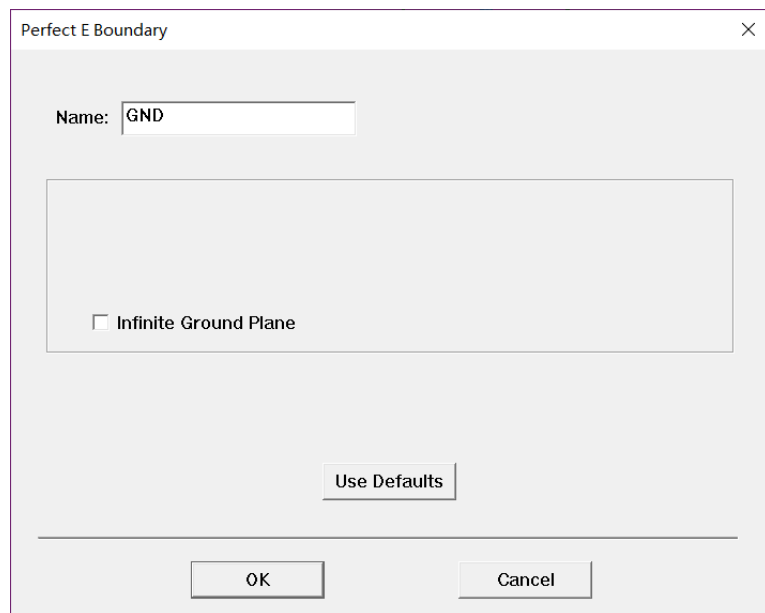


图 1.4.1 设置完美电导体

- 2) 设置矩形面 Port 激励方式为集总端口激励，在操作历史树的 Sheets 节点下选中该矩形面，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选中 Assign Excitaiton—Lumped Port，在

打开的集总参数设置对话框中，将 Full Port Impedance 设为 50Ω ，单击下一页：

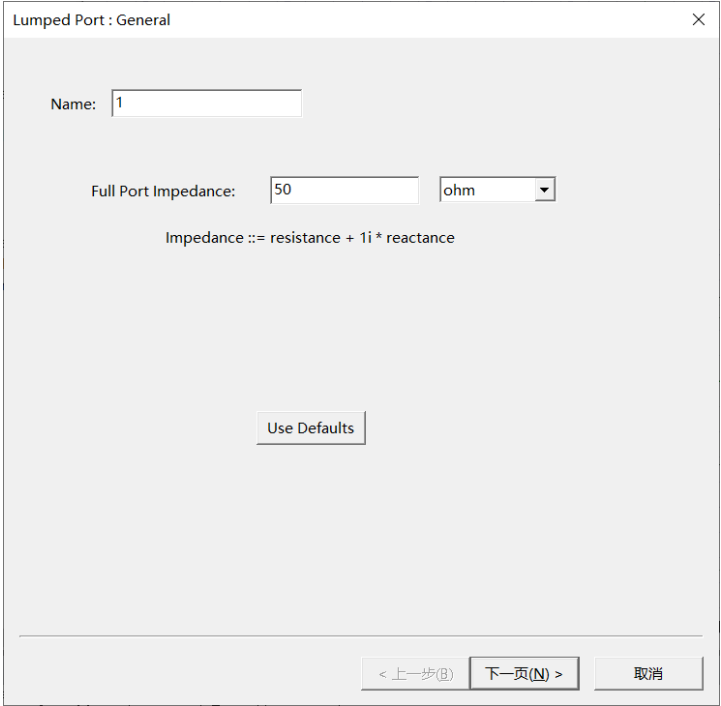


图 1.4.2 激励设置(1)

- 3) 在 Modes 对话框中单击 Integration Line 列下的 None，从下拉菜单中选择 New Line，在进入的三维模型窗口中画出一条由上至下的端口积分线，在 Port Processing 对话框中选择 Do Not Renormalize，单击完成：

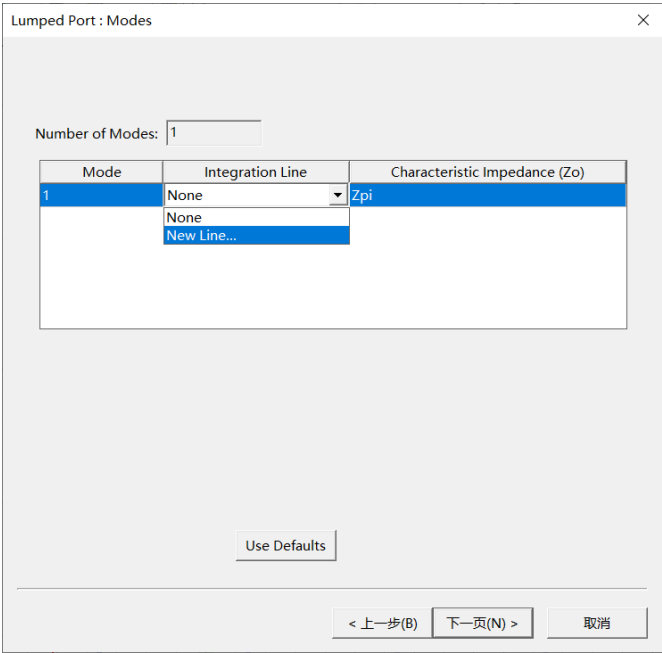


图 1.4.3.1 激励设置(2)

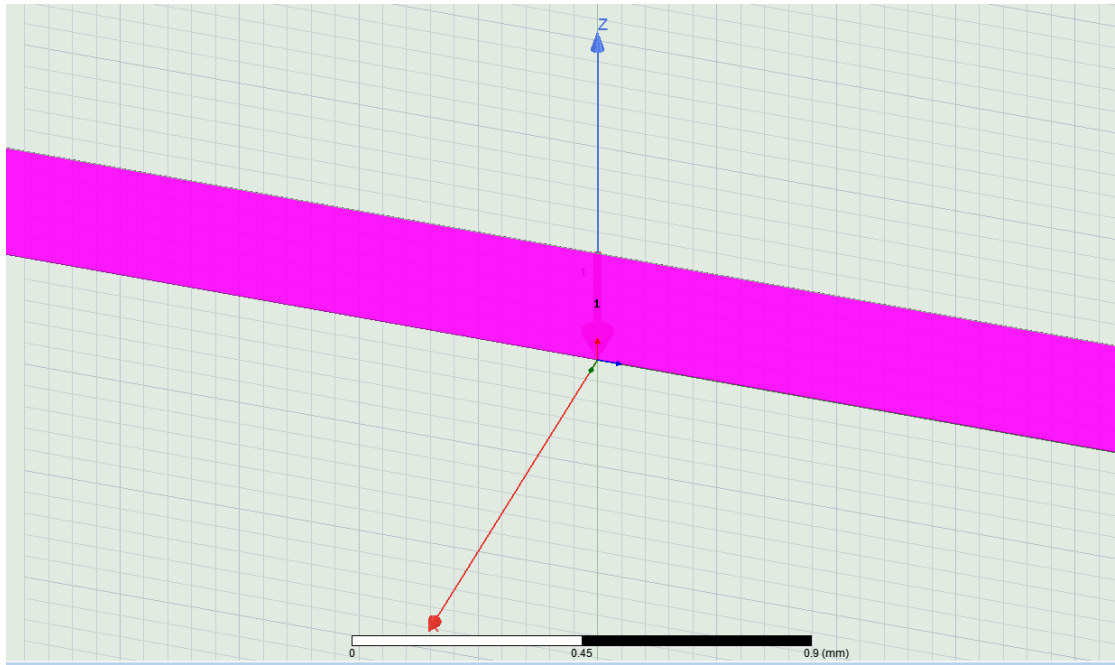


图 1.4.3.2 激励设置(3)

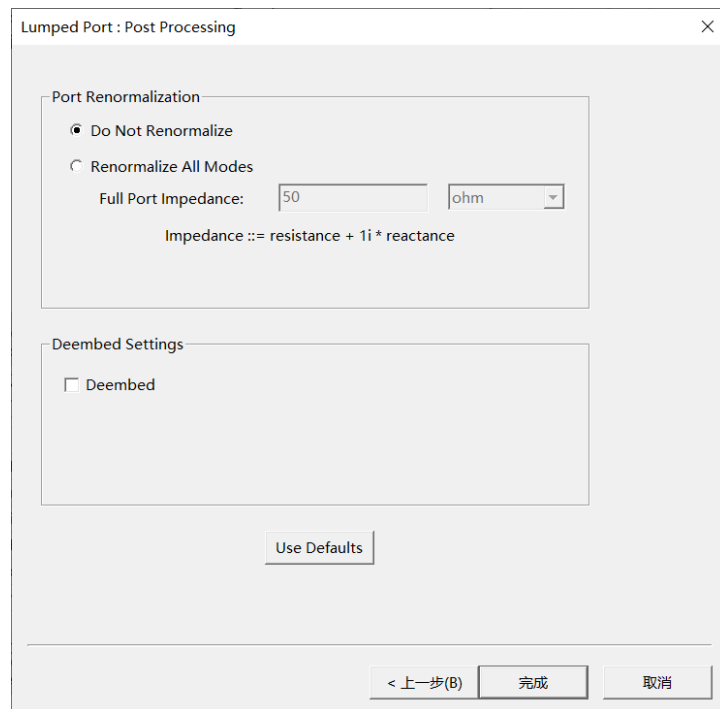


图 1.4.3.3 激励设置(4)

⑤ 设置辐射边界条件

- 1) 在菜单栏中选择 Create Region，并在弹出的窗口中将 Padding Type 改为 Absolute Offset，Value 改为 $\lambda/4$ ，点击 OK:

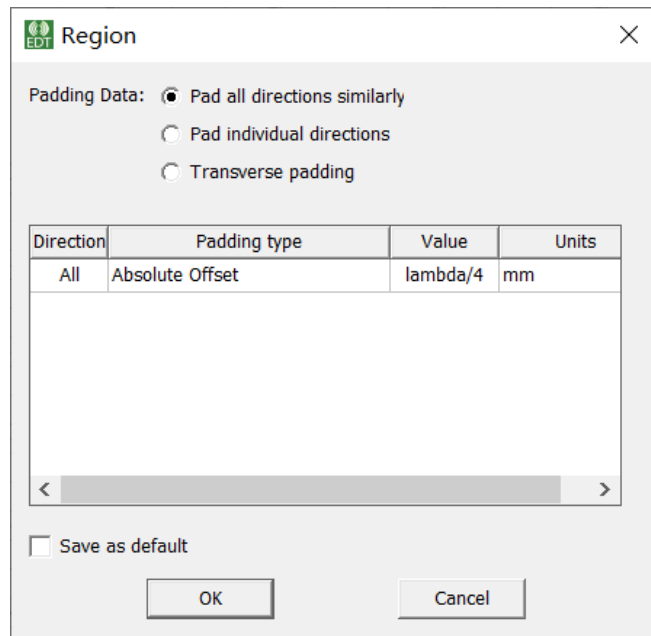


图 1.5.1 设置边界

- 2) 双击操作历史树下 **Region**，打开属性对话框，将区域材质改为 **air**，透明度为 **0.8**，点击确定，如图：

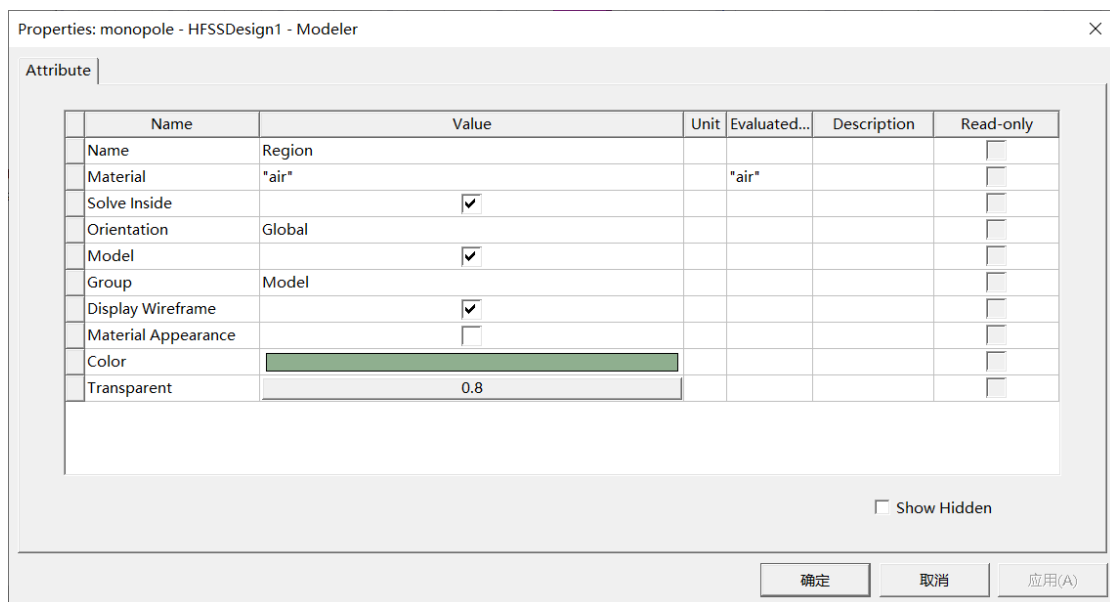


图 1.5.2 设置区域材质

- 3) 在操作历史树下单击 **Region** 节点，选中该区域，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 **Assign Boundary—Radiation**，打开辐射边界条件设置对话框，保留默认设置，从而将 **Region** 的表面设置为辐射边界条件，如图：

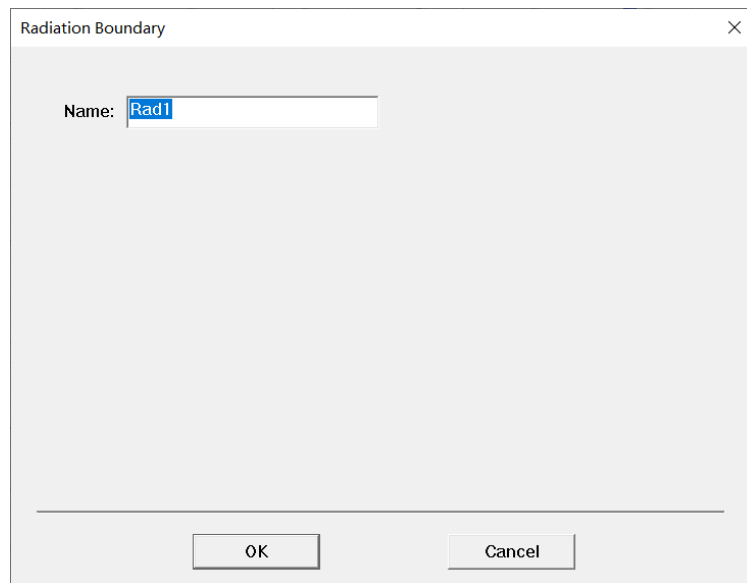


图 1.5.3 辐射边界条件设置

⑥ 求解设置

- 1) 求解频率和网格剖分设置，右键单击工程树下的 **Analysis**，在弹出的对话框中选中 **Add Solution Setup**，将求解频率设为 300MHz ，自适应网格剖分的最大迭代次数设为 20，收敛误差 0.02，如图所示：

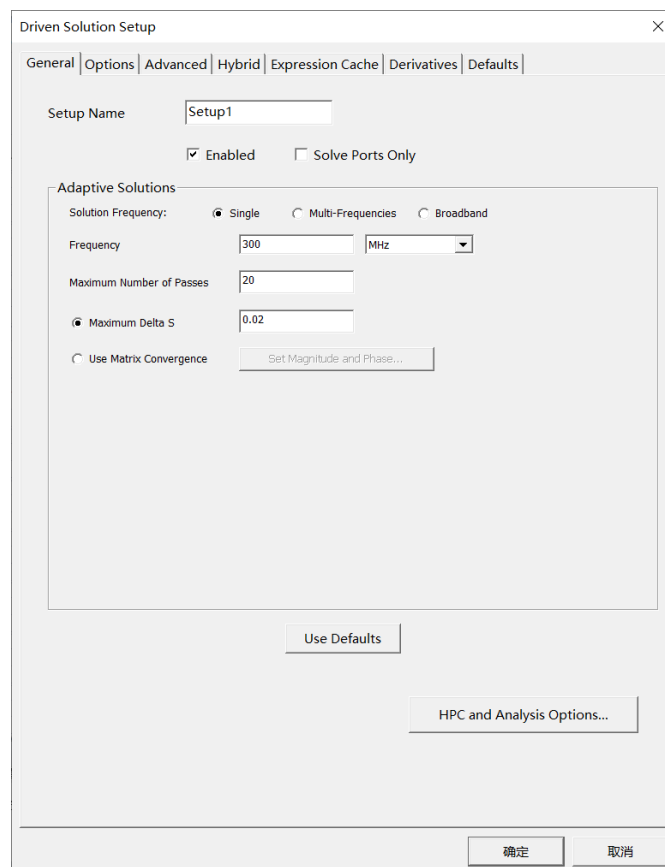


图 1.6.1 求解频率和网格剖分设置

2) 扫频设置，展开工程属下的 Analysis 节点，右键单击求解设置项 Setup1，在弹出的对话框中选择 Add Frequency Sweep，将扫频类型选择为快速扫频，扫频范围为 200MHz – 400MHz，点数为 200，如图所示：

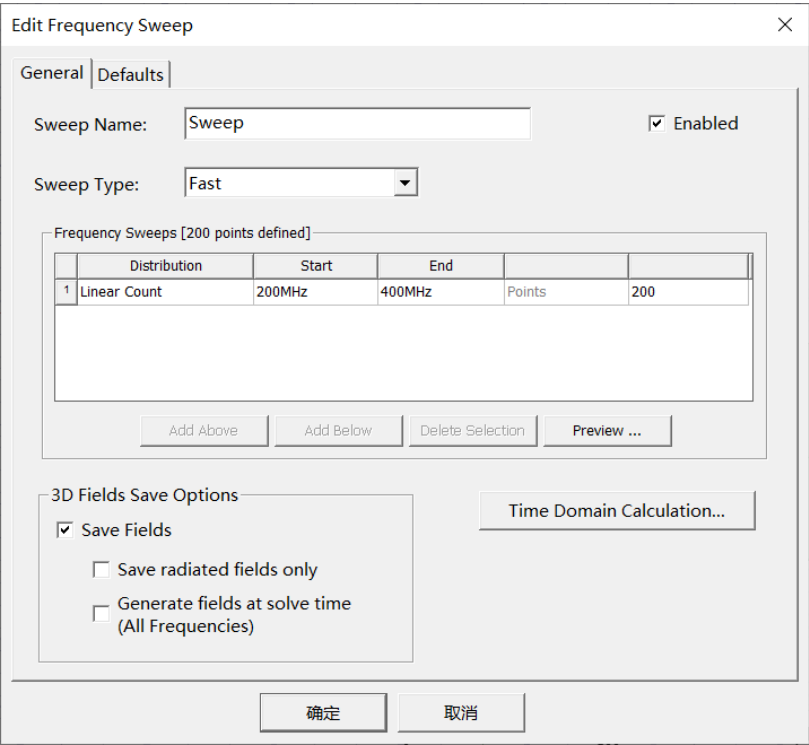


图 1.6.2 扫频设置

⑦ 设计检查

选择主菜单中 HFSS—Validation Check，得到如下对话框，表明设计正确：

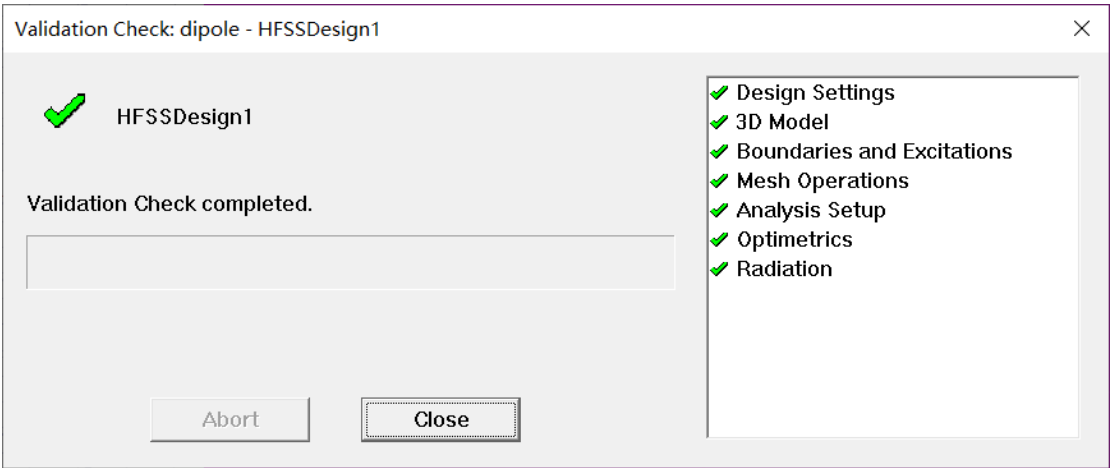


图 1.7 设计检查

二、HFSS 天线问题的数据后处理

在得到结果之前，需要先右键单击工程树下的 Analysis—Setup1，在弹出菜单中选择 Analyze，运行分析。

① 输入阻抗 Z_{in}

- 1) 右键单击工程树下的 Results 节点，在弹出的菜单中选择 Create Model Solution Data Report—Rectangle Plot 命令，打开报告设置对话框；
- 2) 按下图设置，单击 New Report，再单击 Close，得到天线的输入阻抗结果报告：

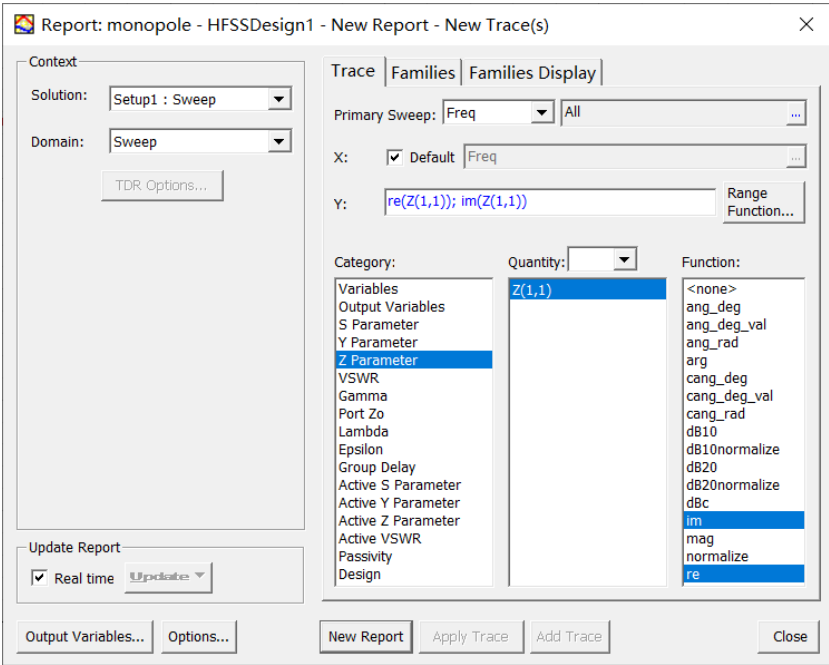


图 2.1.1 报告设置对话框

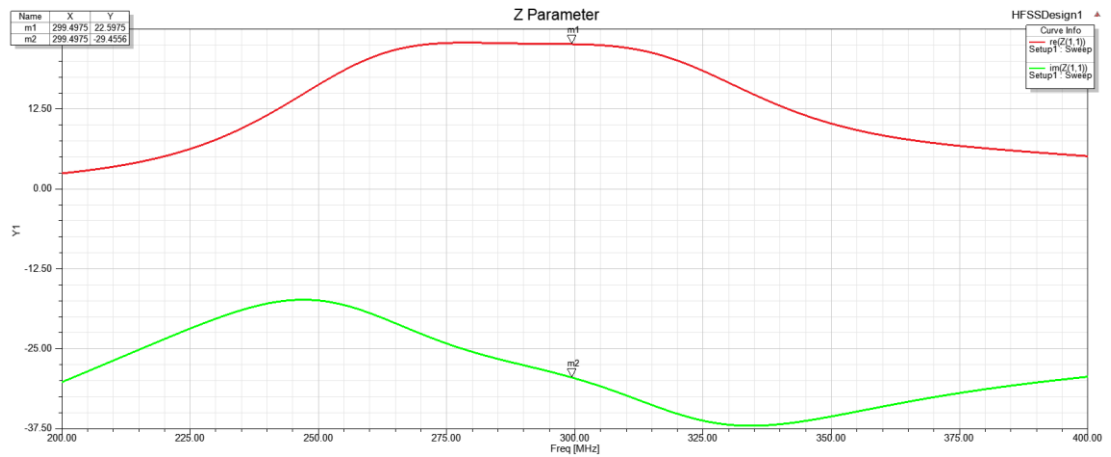


图 2.1.2 天线输入阻抗分析结果

- 3) 结果分析：由仿真结果可知，当连接 50Ω 传输线时，单极子天线在 300MHz 左右的输入阻抗约为 $(22.6 - j29.5)\Omega$ 。在整个频带内，天线的电抗始终为负，呈容性。随着频率的增加，天线的电阻先增加再减小；容抗先减再增再减，与理论分析相一致。

② 电压驻波比 $VSWR$

- 1) 右键单击工程树下的 Results 节点，在弹出的菜单中选择 Create Model Solution Data Report—Rectangle Plot 命令，打开报告设置对话框；
- 2) 按下图设置，单击 New Report，再单击 Close，得到天线的驻波比分析结果：

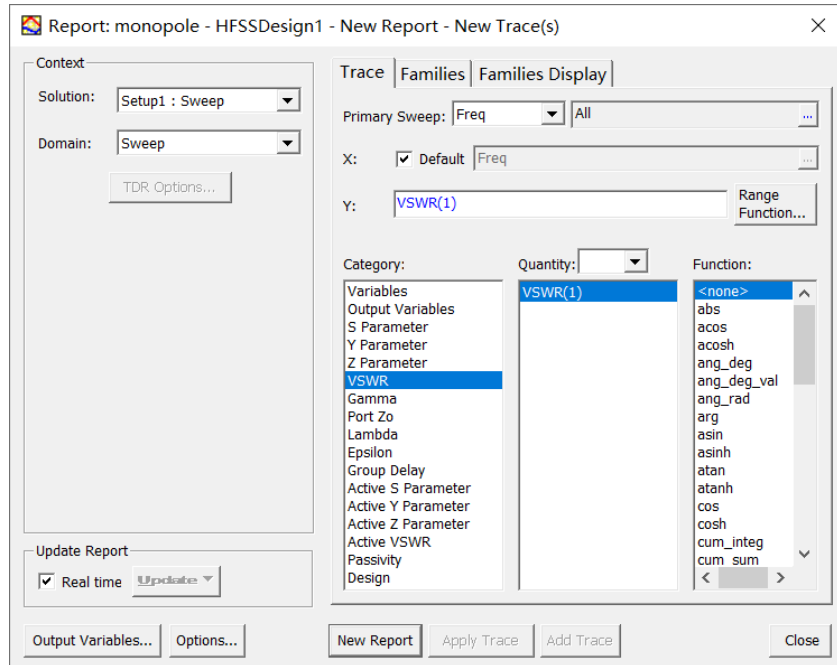


图 2.2.1 报告设置对话框

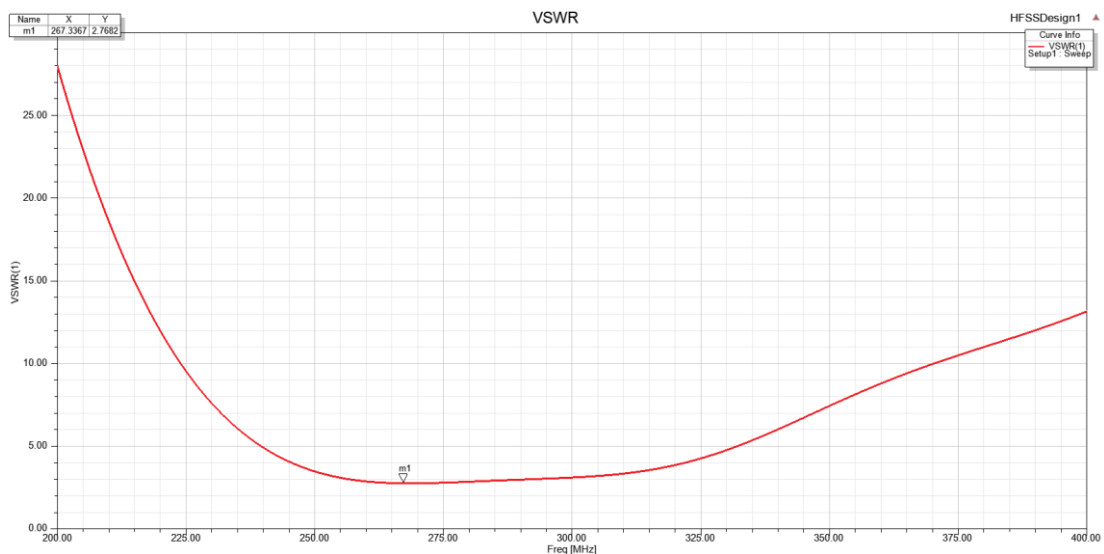


图 2.2.2 电压驻波比分析结果

- 3) 结果分析：由仿真结果可知，当连接 50Ω 传输线时，单极子天线的电压驻波比 $VSWR$ 在 $255\text{MHz} - 300\text{MHz}$ 之间取得最小值，最小值约为 2.768，此时天线的反射相对较小，

有较好的工作性能；在其余频段，天线的电压驻波比相对较大，能量的反射损耗较多，不利于天线的正常工作。因此，对于此单极子天线，应尽量使其工作在 267MHz 左右，以获得更高的效益。

③ 方向图

- 1) 定义辐射表面，右键单击工程树下的 **Radiation** 节点，在弹出的快捷菜单中选择 **Insert Far Field Setup—Infinite Sphere**，打开 **Far Radiation Sphere Setup**，按图 2.3.1 完成设置；
- 2) 单击确定按钮，完成设置，此时定义的辐射表面 **E_Plane** 会添加到工程树的 **Radiation** 节点下；
- 3) 同理，打开 **Far Radiation Sphere Setup**，按图 2.3.2 完成设置；
- 4) 单击确定按钮，完成设置，此时定义的辐射表面 **H_Plane** 会添加到工程树的 **Radiation** 节点下；
- 5) 打开 **Far Radiation Sphere Setup**，按图 2.3.3 完成设置；
- 6) 单击确定按钮，完成设置，此时定义的辐射表面 **3D_Sphere** 会添加到工程树的 **Radiation** 节点下；

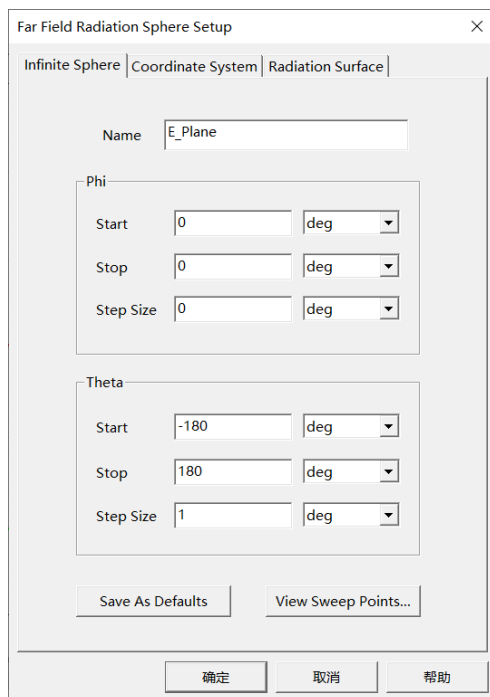


图 2.3.1 辐射表面设置(E)

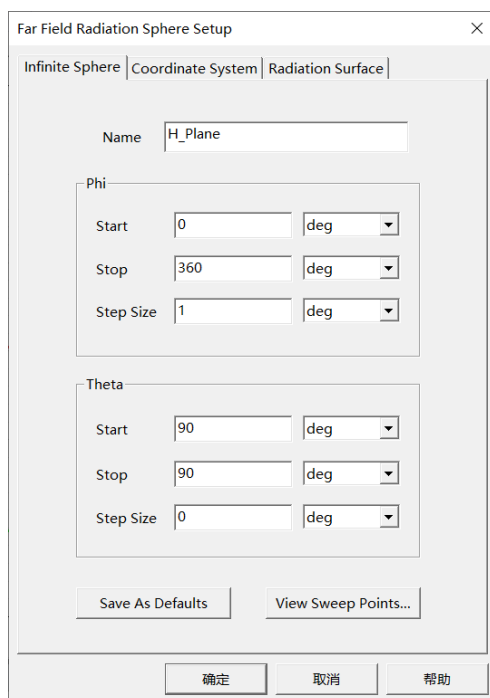


图 2.3.2 辐射表面设置(H)

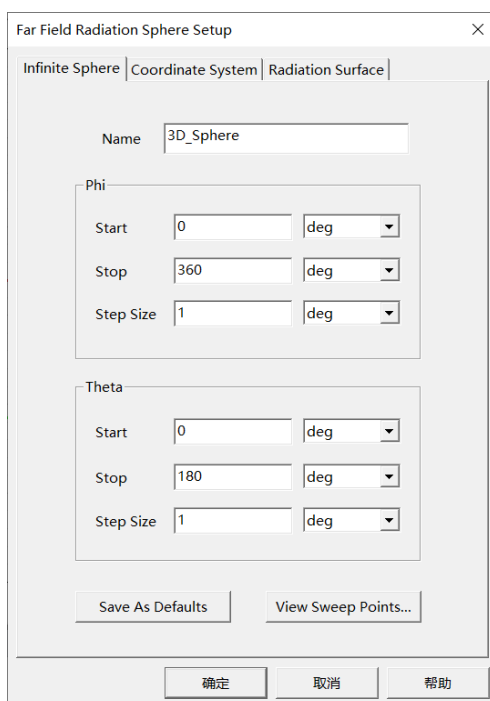


图 2.3.3 辐射表面设置(3D)

- 7) 右键单击工程树下的 **Results** 节点，在弹出的菜单中选择 **Create Far Fields Report—Radiation Pattern** 命令，打开报告设置对话框，如图：

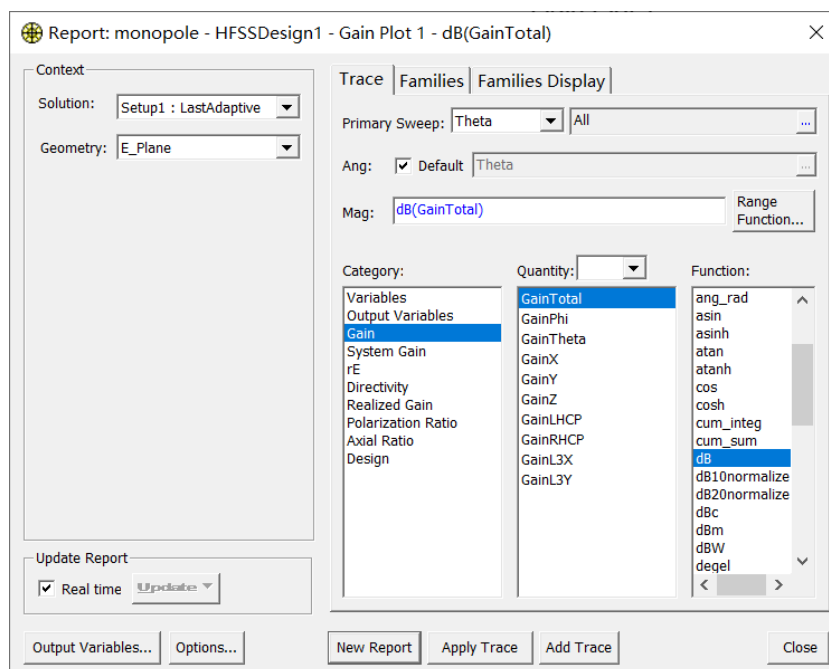


图 2.3.4 报告设置对话框

8) 点击 **New Report** 按钮，生成极坐标系下天线的 **xz** 面增益方向图，如图所示：

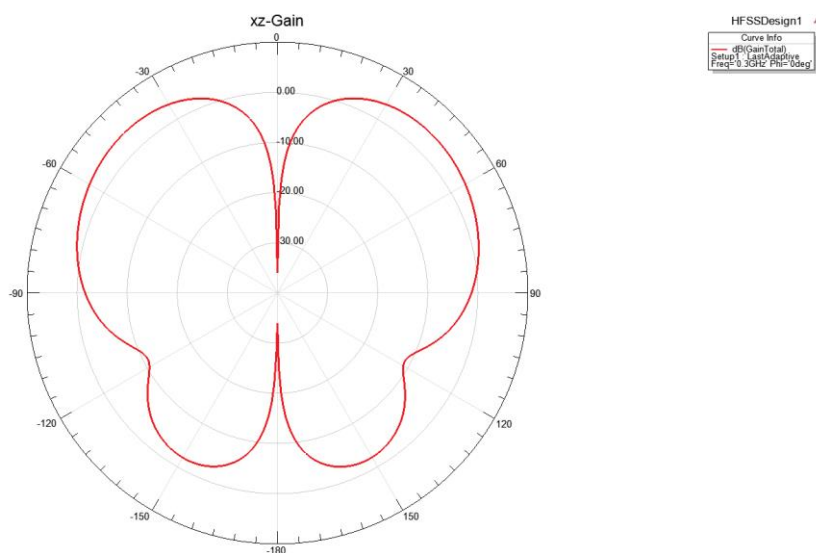


图 2.3.5 天线 xz 面增益方向图

9) 右键单击工程树下的 **Results** 节点，在弹出的菜单中选择 **Create Far Fields Report—Radiation Pattern** 命令，如下图设置对话框：

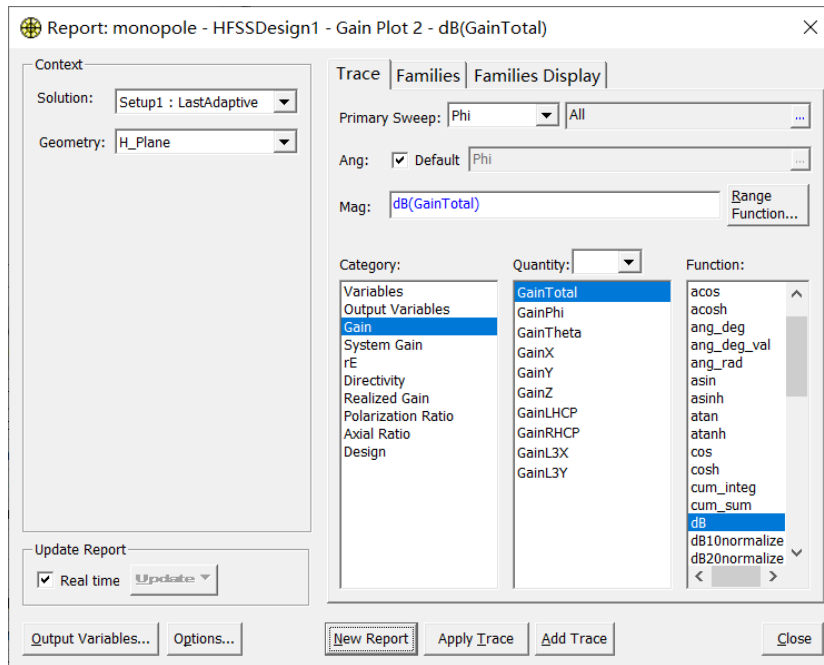


图 2.3.6 报告设置对话框

10) 点击 **New Report** 按钮，生成极坐标系下天线的 **xy** 面增益方向图，如图所示：

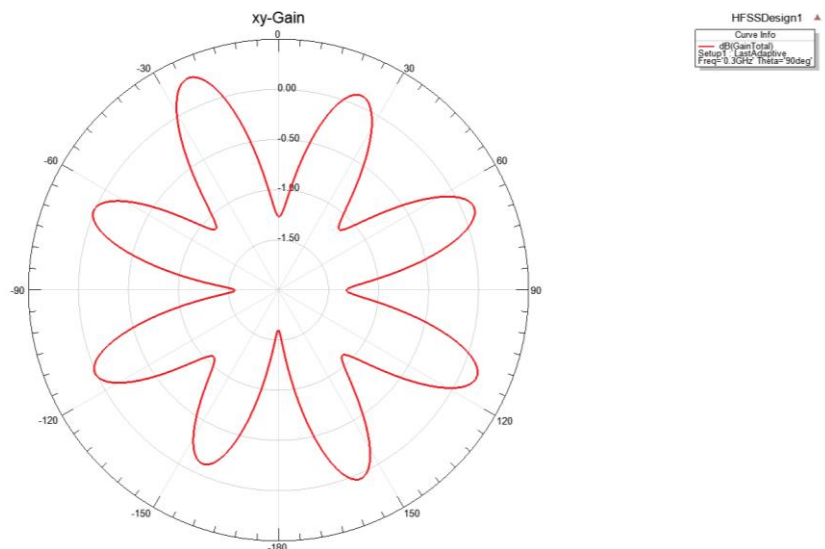


图 2.3.7 天线 xy 面增益方向图

11) 右键单击工程树下的 **Results** 节点，在弹出的菜单中选择 **Create Far Fields Report—3D Polar Plot** 命令，如下图设置对话框：

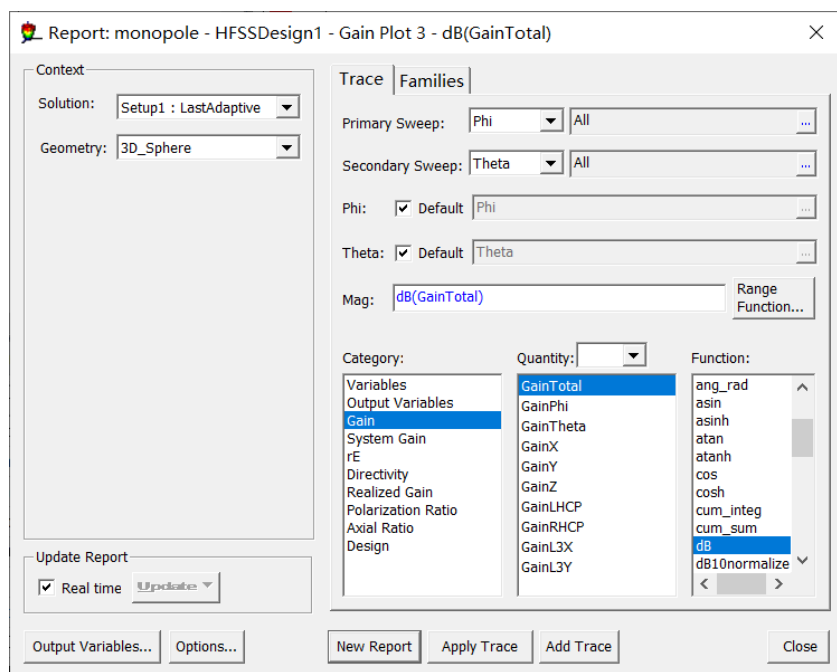


图 2.3.8 报告设置对话框

12) 点击 New Report 按钮，单击 Close，生成如下结果：

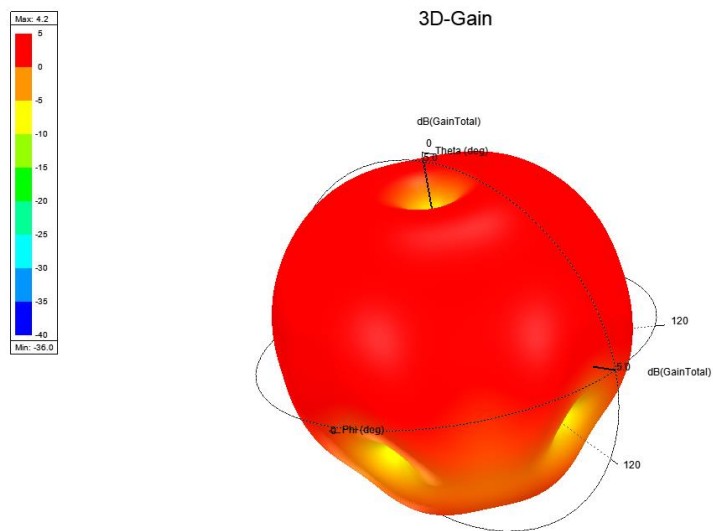


图 2.3.9 天线三维增益方向图

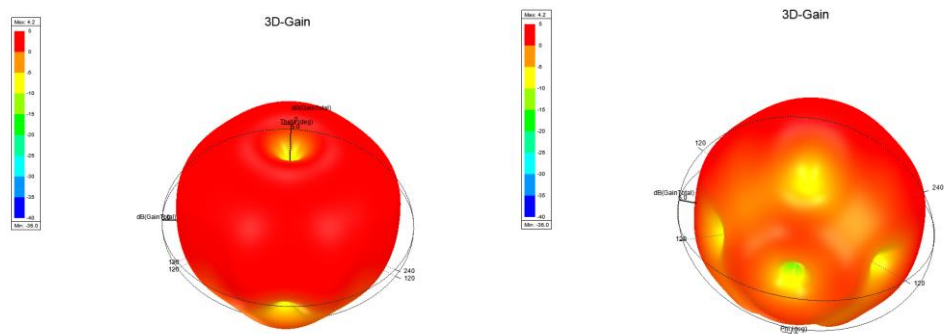


图 2.3.10 天线三维增益方向图(左侧为上半空间，右侧为下半空间)

13) 结果分析：由仿真结果可知，天线的最大增益为 4.2dB，最小增益为-36.0dB，所得方向图在上半空间与偶极子天线相同，但在下半空间，由于不具有偶极子天线的上下对称性，单极子天线的辐射强度存在多处衰减，导致方向图发生了变化，这与理论分析结果相一致。

三、心得与体会

此次实验，我们在初次熟悉 HFSS 使用的情况下，对单极子天线进行了仿真，并对其输入阻抗、电压驻波比、方向图等天线常见指标进行了分析。总的来说，根据已有的参数信息，在没有相关教程的条件下独立完成仿真，既是对我们学习能力、举一反三能力的一次很好的检验，也让我们更进一步地了解、掌握了 HFSS 的使用，受益匪浅。

由于单极子天线与偶极子天线之间的特殊关系，它们的结构具有很多关联之处，而这也为我们的仿真设计创造了便利。将单极子天线与半波偶极子天线的仿真结果进行对比，可以发现其在实际性质方面存在的异同（如两者在上半空间的方向图相同，在下半空间的方向图差异较大），这既是对我们理论所学的一种实际验证，也不禁令人感叹 HFSS 功能的强大。在今后的学习和专业生活中，我会努力培养自己对所需专业软件的熟练度，让实践与理论相伴，不断加深自己对知识的理解和掌握。