

《ZWSim 初级应用算例教程》

第八例 倒 F 天线

1.模型介绍	3
2.单位设置	3
3.建立模型	4
4.背景与边界设置	13
5.模型材料设置.....	14
6.求解频率设置.....	15
7.激励源设置	16
8.网格设置与剖分	17
9.求解器设置	18
9.仿真计算	18
10.结果查看与后处理.....	19

1.模型介绍

倒 F 天线 (IFA) 是单极子天线的一种变形结构, 具有体积小、结构简单、易匹配和制作成本低等优点, 广泛用于 Bluetooth、IEEE 802.a/b/g、HiperLAN 等短距离无线通信领域。由于其形状像倒置的字母 F, 因此将这类天线称为倒 F 天线。本例将对一类倒 F 天线进行仿真并分析倒 F 天线的结构参数对天线谐振频率、输入阻抗和带宽等特性的影响。本例中天线工作频率范围为 1.8GHz-3.2GHz, 介质层材质为环氧树脂玻璃纤维板 (FR4), 其相对介电常数 $\epsilon_r=4.4$, 天线材质为 PEC, 模型示意图如图 1。

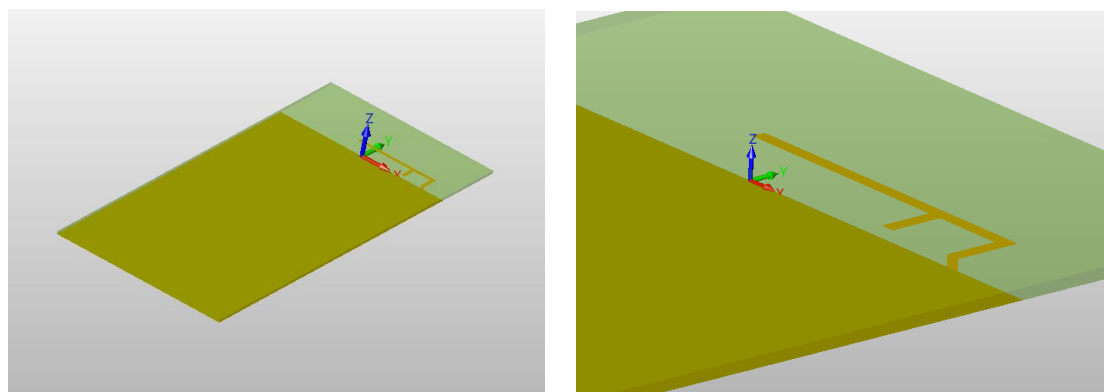


图1. 倒 F 天线

2.单位设置

点击 Ribbon 栏中【Home】→【CAE】→【Units】打开单位设置对话框, 本例中单位如图 2 所示。

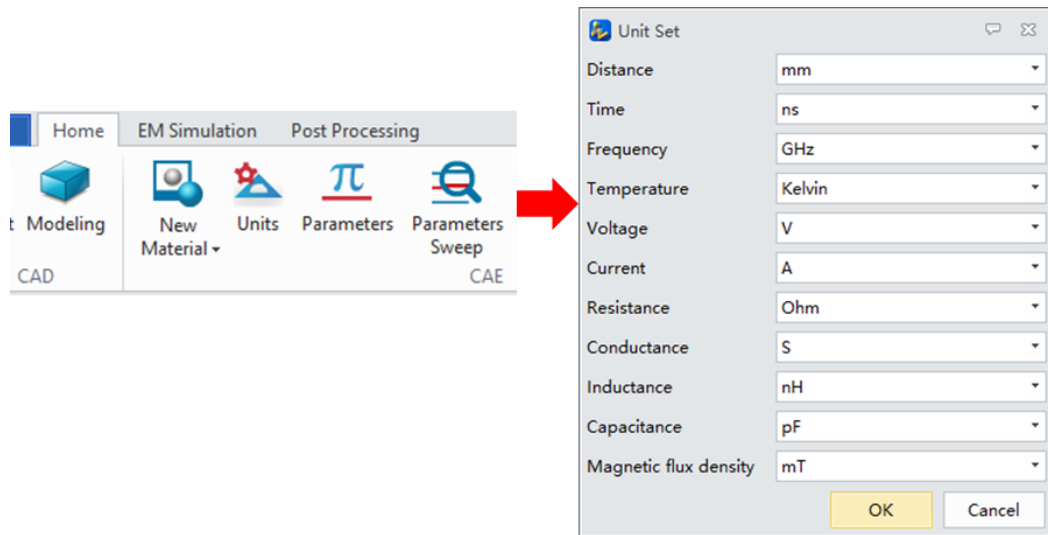


图2. 单位设置

3. 建立模型

为了方便后期对尺寸参数进行优化和调试, 建议使用参数化建模。操作如下:

点击 Ribbon 栏中【Home】→【CAE】→【Parameters】打开参数设置对话框, 点击【Add】添加参数变量, 必须输入变量名和变量值才能完成添加, 本例中需要添加的变量如图 3 所示。

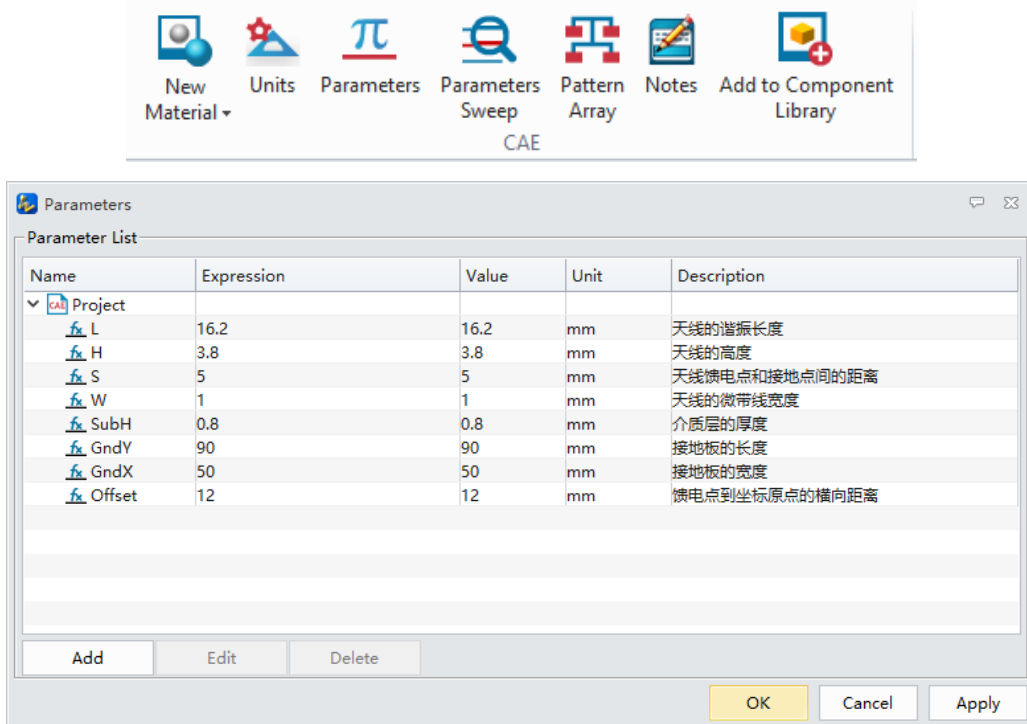



图3. 参数设置

添加完参数后，接下来开始建立模型，点击 Ribbon 栏中【Home】→【CAE】→【Modeling】（或点击界面右上角的【】）进入建模环境，见图 4。

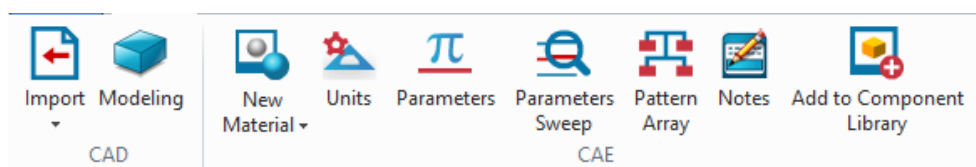


图4. Ribbon 栏

本例中模型创建可分为 3 部分，分别为创建接地面、创建介质基片、创建天线，模型尺寸如图 5 所示。

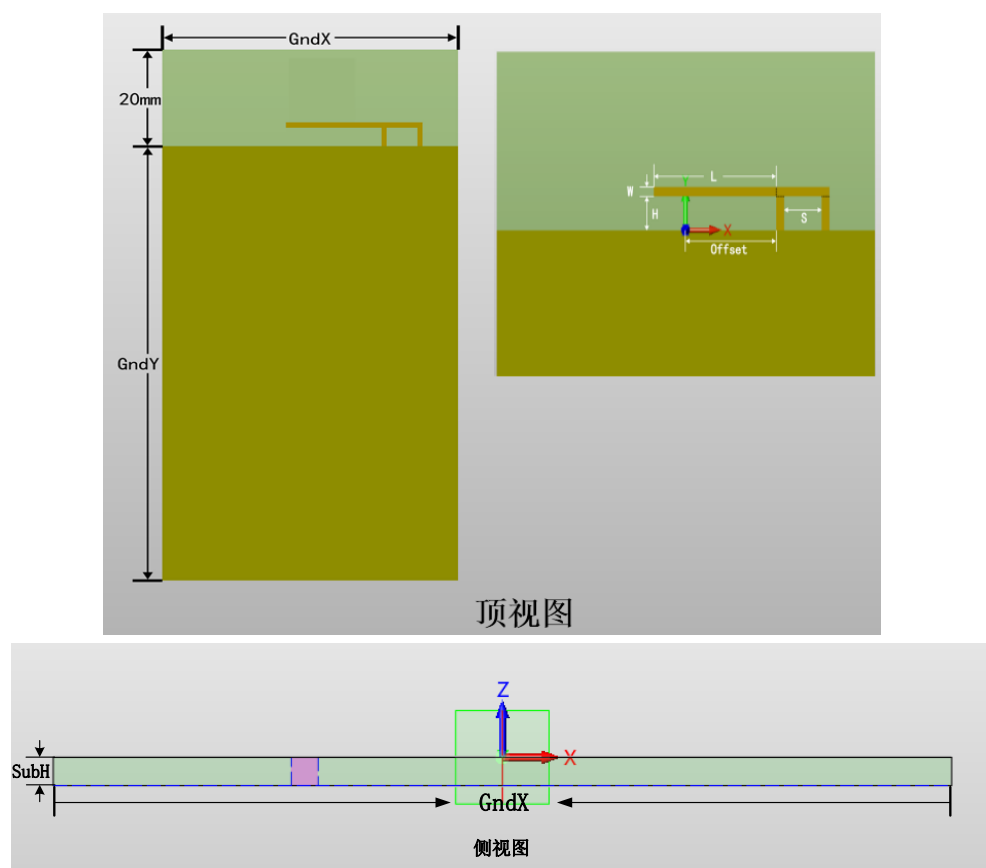



图5. 模型示意图

1) 创建接地面

点击 Ribbon 栏中【Operation】→【Lines and Point】→【Rectangle】绘制任意大小的矩形，矩形可通过三种方式定义，在此选取第一种，通过矩形的两个对角顶点来确定矩形，在设置栏中输入接地面的两个对角顶点坐标，点击

【】完成设置，见图 6。

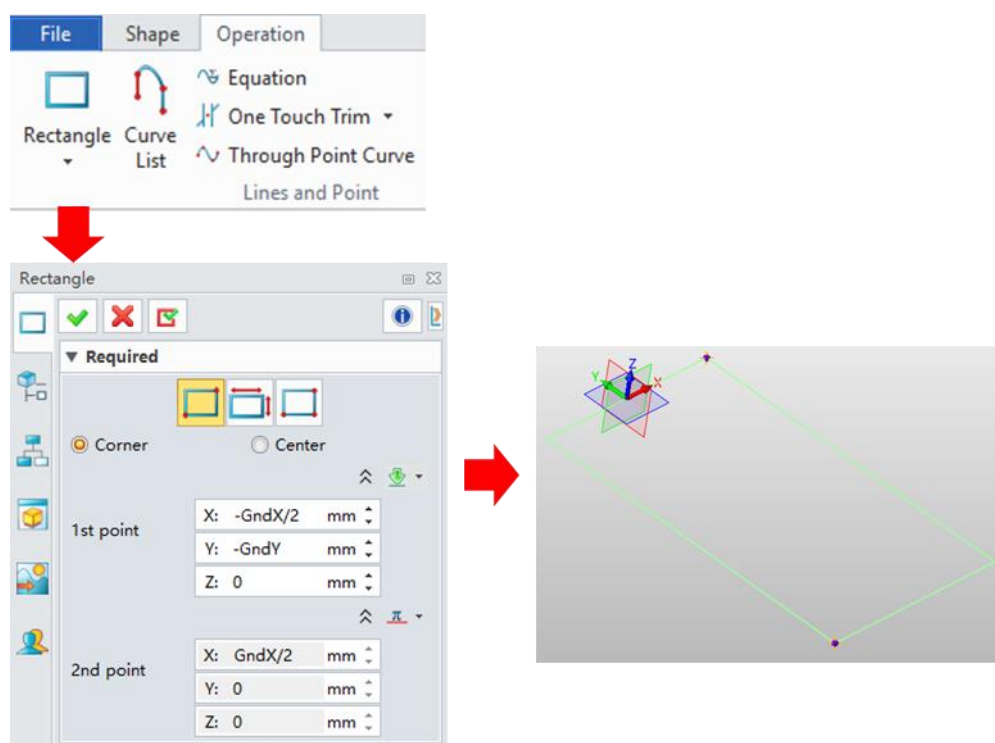



图6. 创建接地面轮廓

点击 Ribbon 栏中【Operation】→【Operation】→【N-sided】,用鼠标选取矩形的四条边，点击【】完成设置，见图 7。

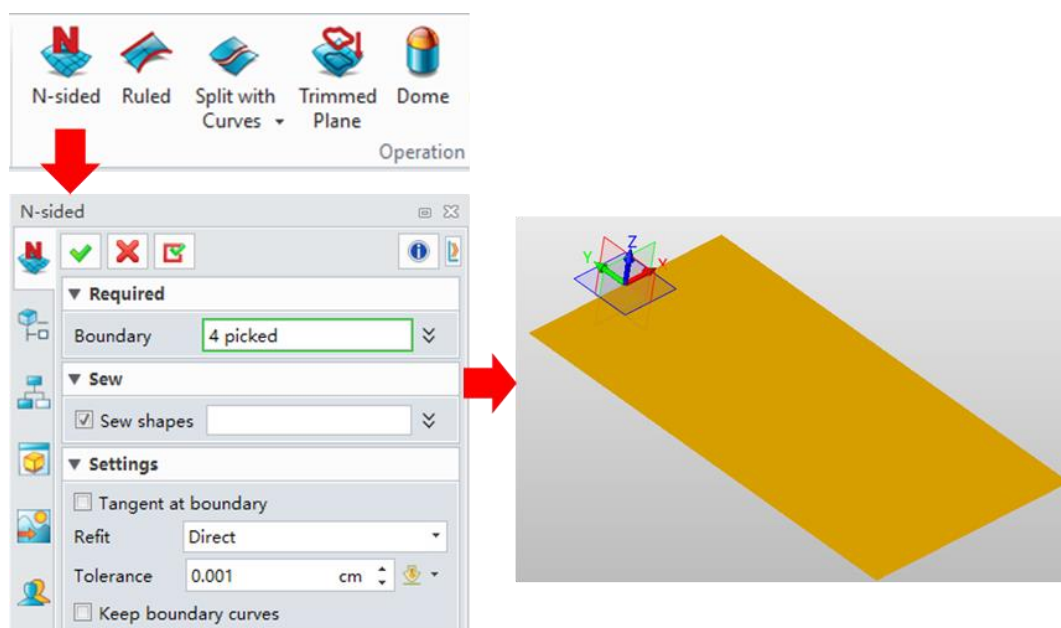


图7. 形成接地面

右键节点树中的【Surface】→【S1 (N-sided1_Patch)】，选择 Attach Name

Tag to Entity 对所选平面进行重命名，将模型重命名为 GND，见图 8。

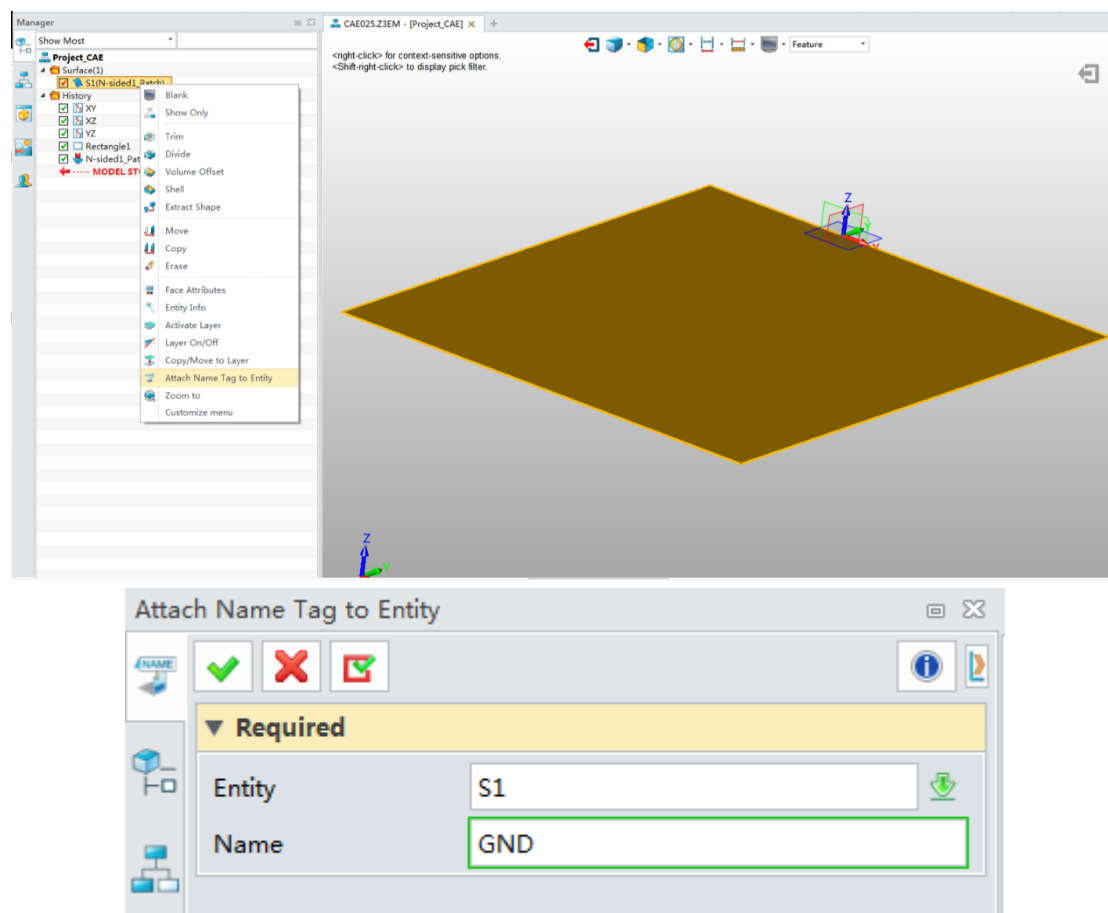



图8. 模型重新命名

2) 创建介质基片

点击 Ribbon 栏中【Shape】→【Sketch and Solid】→【Block】创建任意大小的立方体，立方体的有四种定义方式，选取第二种，在此通过立方体的两个对角顶点来确定，在设置栏中输入介质基片的两个对角顶点坐标，点击【】完成设置，见图 9。

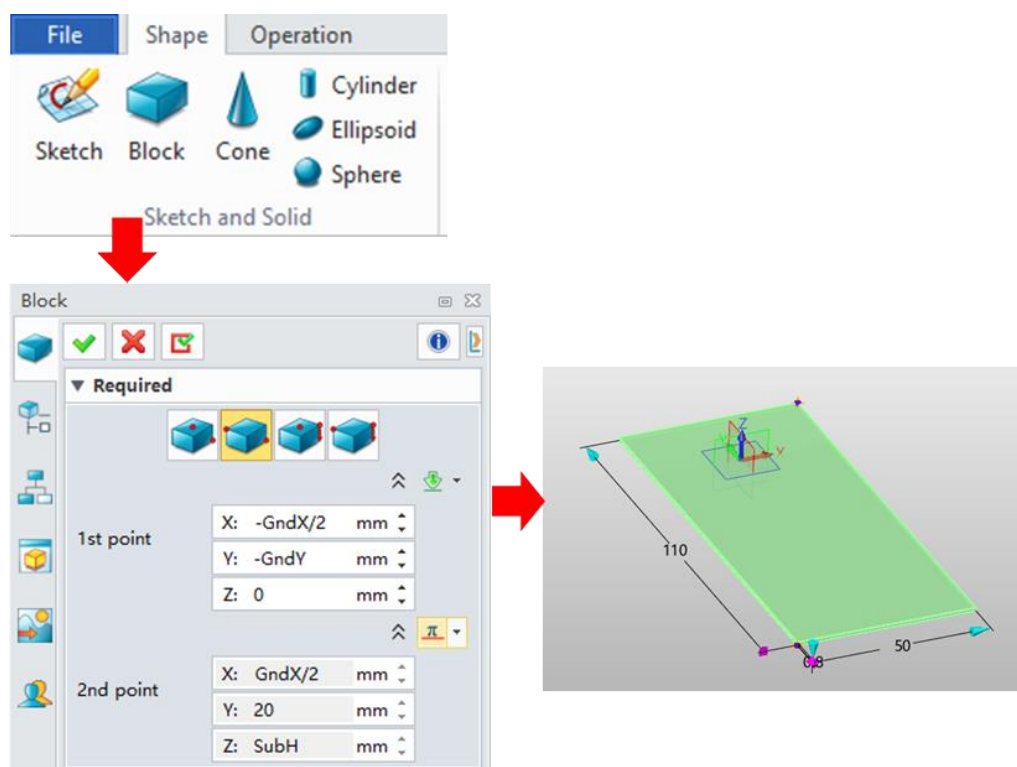


图9. 创建介质层

右键节点树中的【Solid】→【S2】，选择 Attach Name Tag to Entity 对所选平面进行重命名，将模型重命名为 Substrate。

3) 创建天线

点击 Ribbon 栏中的【Shape】→【Sketch and Solid】→【Sketch】绘制天线大致轮廓，选择 Substrate 背面（即与 GND 相反的面）为草图作图平面，见图 10。

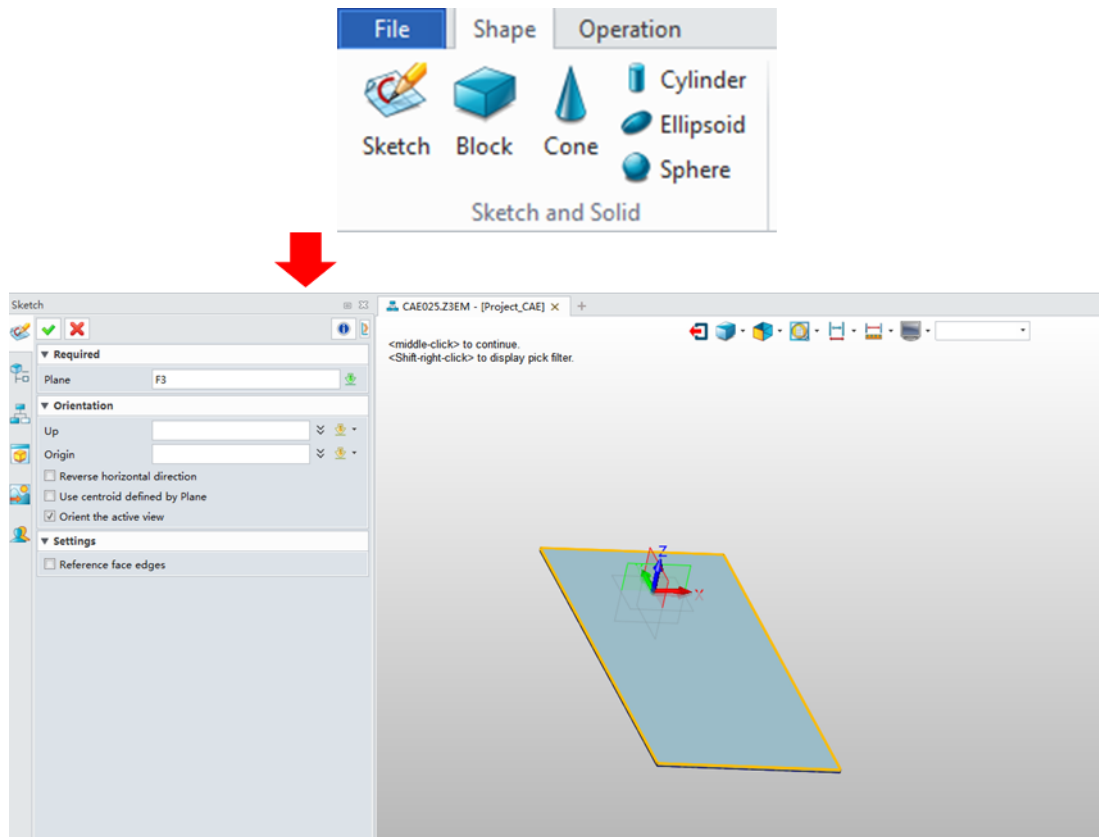


图10. 草图作图平面

点击 Ribbon 栏中的【Sketch】→【Draw】进行天线草图绘制，见图 11。

点击【Constraint】→【Quick Dimension】对尺寸进行参数化约束，见图 12。

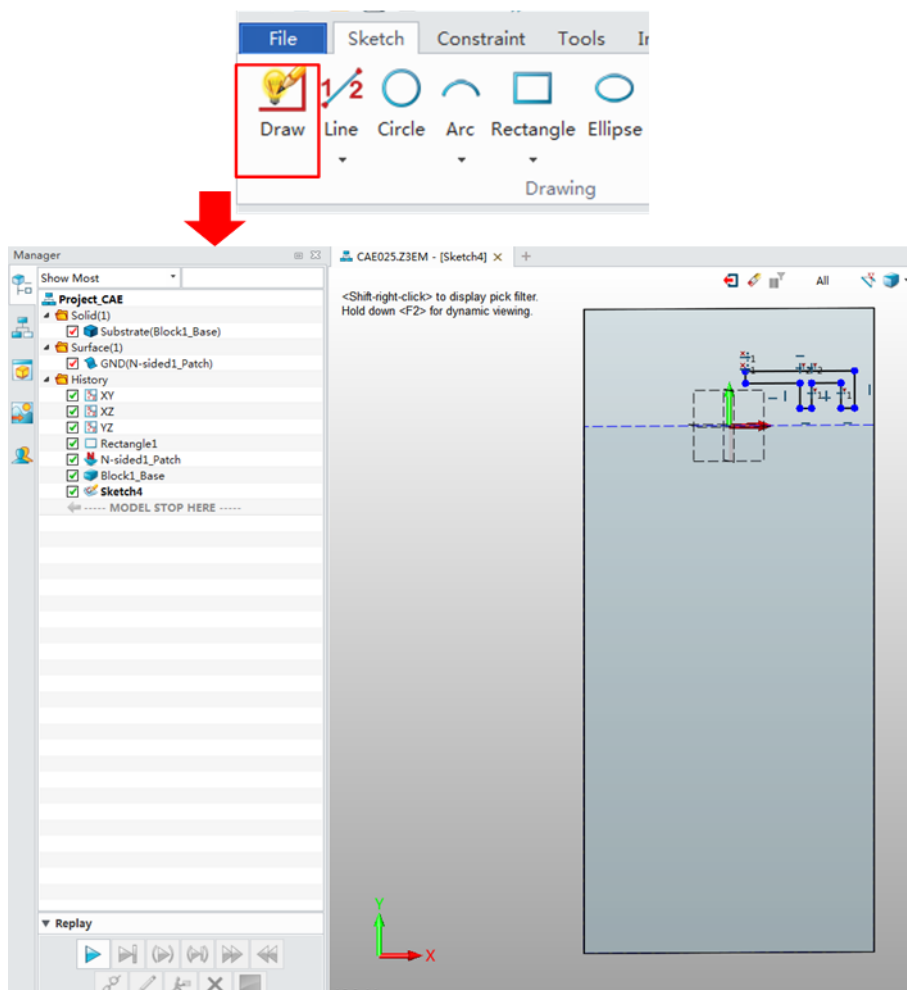


图11. 天线草图绘制

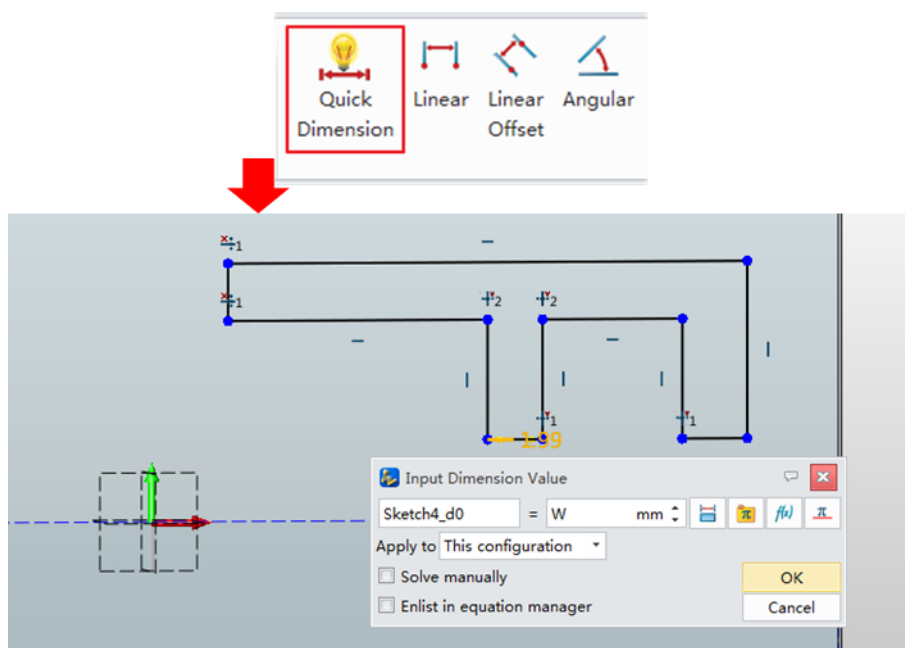


图12. 天线草图尺寸约束

修改好后的天线轮廓如图 13 所示。

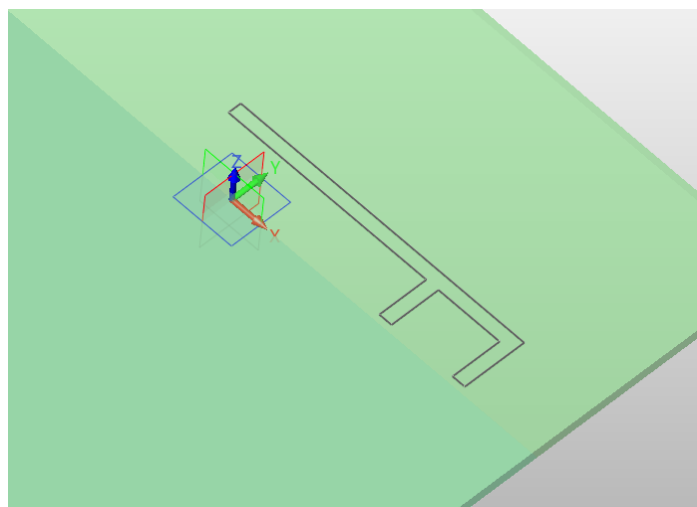



图13. 天线草图轮廓

绘制完成后点击  退出草图模式。

点击 Ribbon 栏中 **【Operation】** → **【Operation】** → **【N-sided】** ,选择天线草图, 将草图形成面, 点击  完成设置, 见图 14。

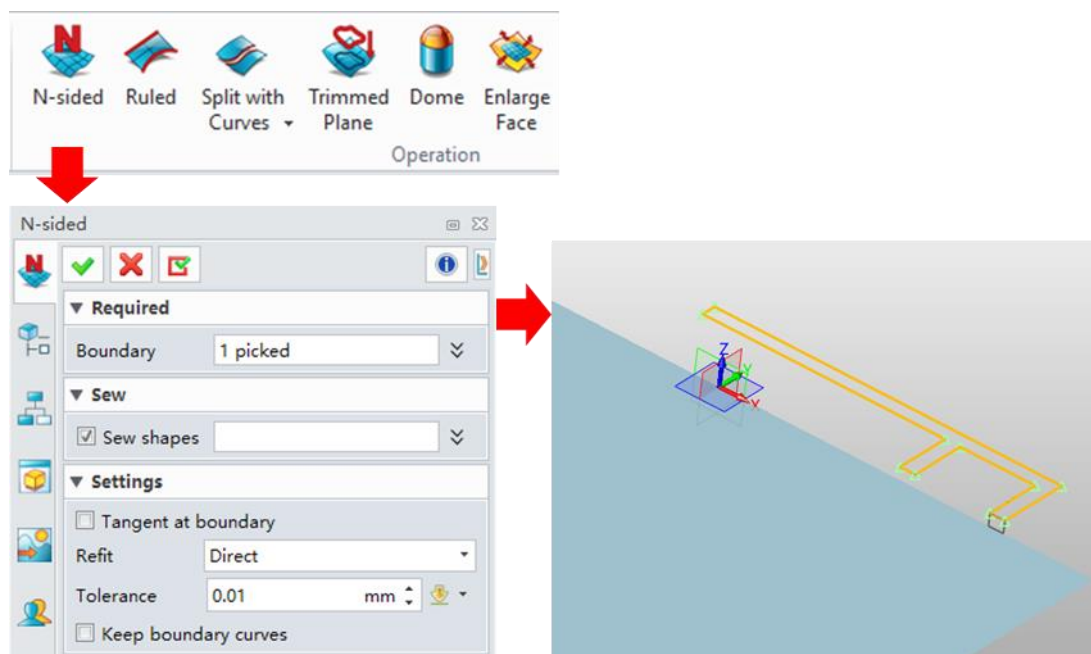


图14. 将草图轮廓形成面

绘制接地金属片, 点击 Ribbon 栏中的 **【Shape】** → **【Sketch and Solid】** → **【Sketch】** 绘制大致轮廓, 选择 XZ 平面为草图作图平面。点击 Ribbon 栏中

的【Sketch】→【Draw】进行接地片草图绘制，点击【Constraint】→【Quick Dimension】对尺寸进行参数化约束，见图 15。

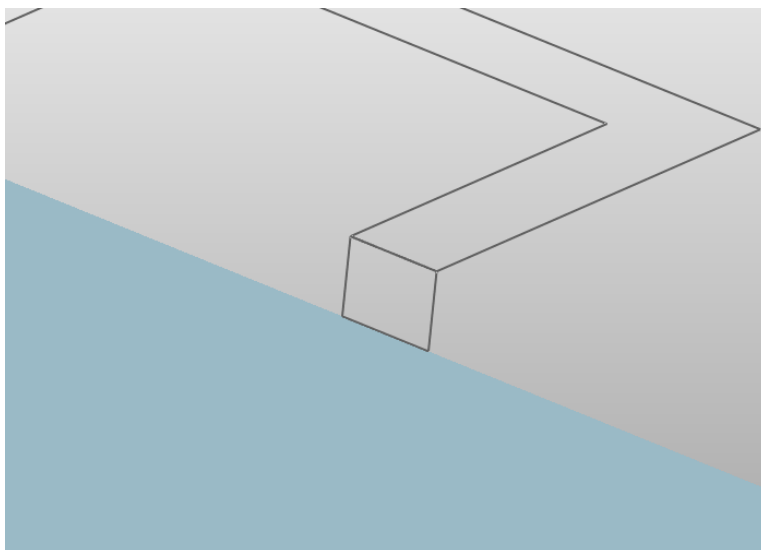



图15. 接地金属片轮廓

绘制完成后点击【】退出草图模式。

点击 Ribbon 栏中【Operation】→【Operation】→【N-sided】,选择接地片草图，将草图形成面，点击【】完成设置。

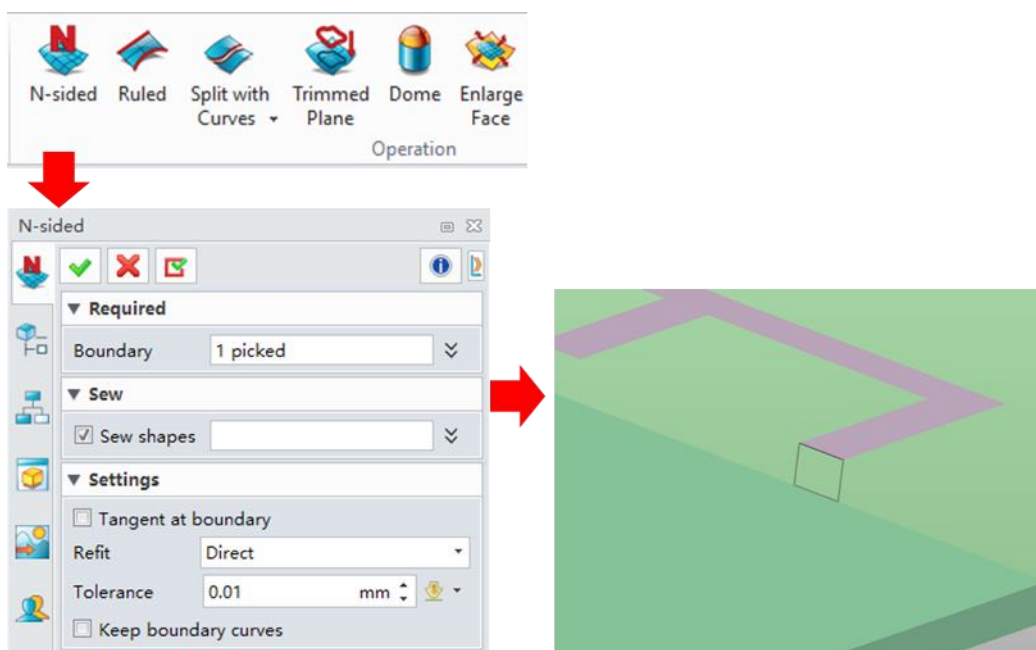


图16. 接地金属片轮廓形成面

可以在视图区选中模型后点击鼠标右键，选择【Face Attributes】（或点击 Ribbon 栏中的【Shape】→【Face Attributes】）打开显示属性设置栏，修改模型的颜色及透明度等，见图 17。

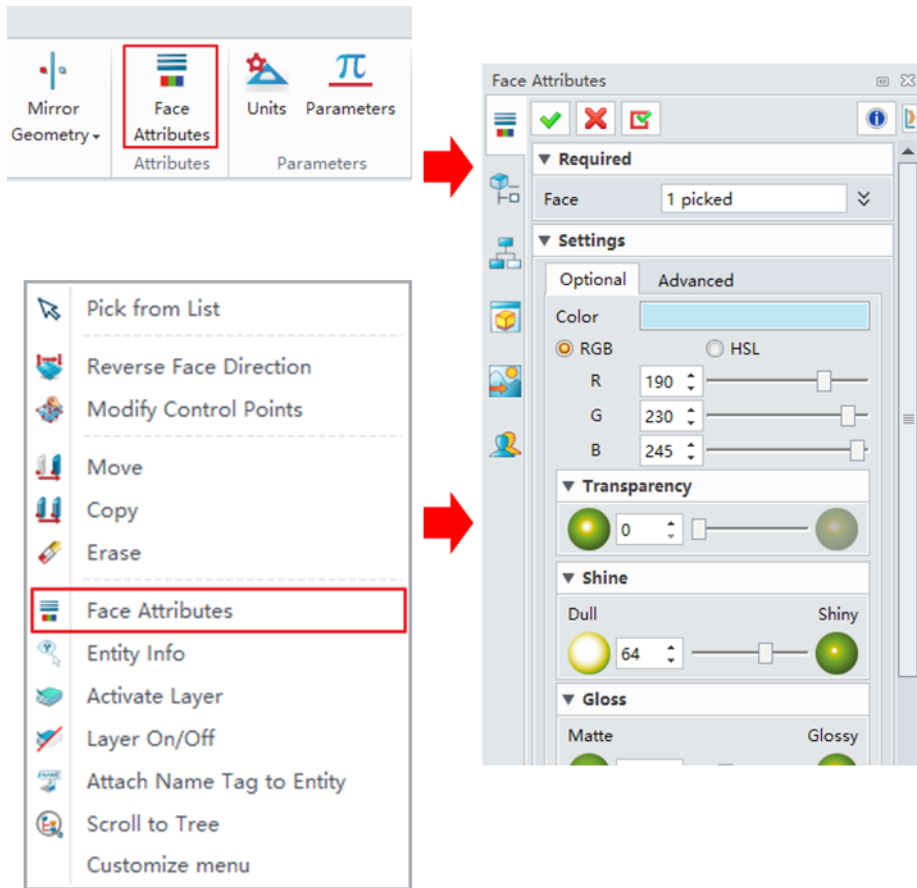


图17. 修改模型属性

建模完成后，点击【】或【】退出建模环境。

4.背景与边界设置

右键节点树下的【Design】→【Background & Boundaries】，选择【Edit】设置背景与边界。对于天线模型，Background 默认选择 vacuum，Boundaries 各边界选择 Open。背景与边界也可通过 Ribbon 栏中【EM Simulation】→【Setting】→【Background & Boundaries】来设置，见图 18。

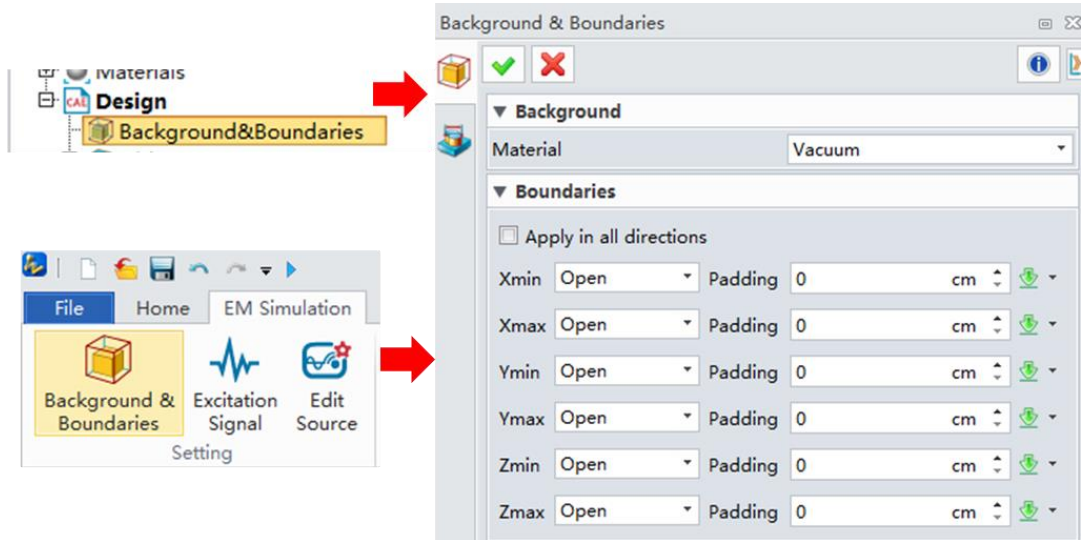




图18. 背景与边界设置

5.模型材料设置

右键节点树下的【Design】→【Objects】，选择【Create Solid Object】，选中介质基片，在 Material 中选择【Load from Material Library】打开模型库，选择 FR4（可在 Material 栏中输入 FR4，直接查找到该材料），点击【Load】加载材料，点击【】完成设置，见图 19。

右键节点树下的【Design】→【Shells】，选择【Create Shell】，选中天线贴片，设置 Material 为 PEC，点击【】完成设置，见图 20。

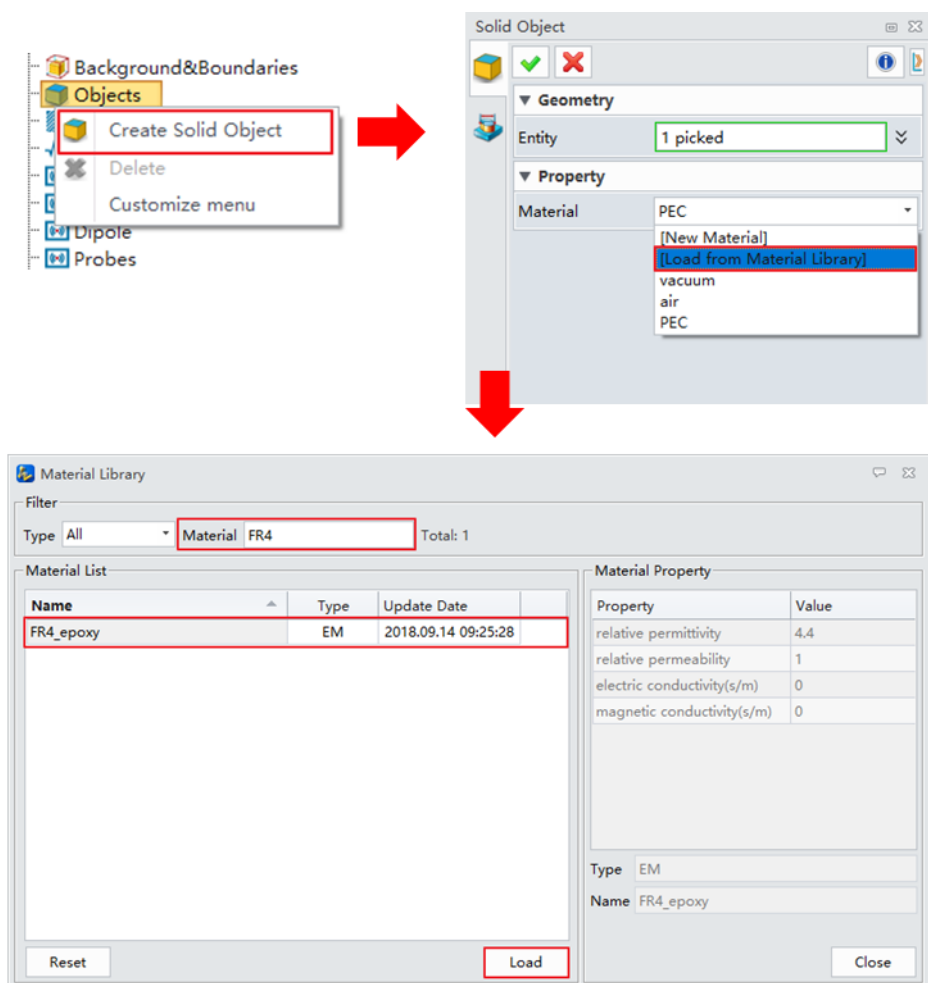


图19. 介质基片材料设置

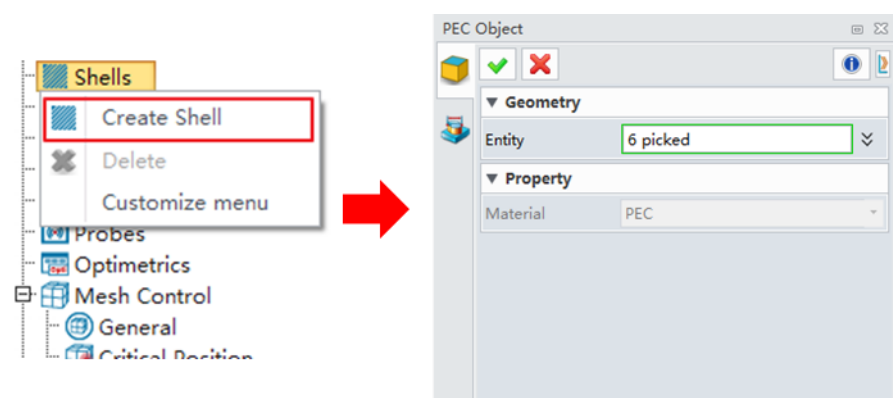


图20. 天线材料设置

6.求解频率设置

本例中求解频率范围为 1.8GHz-3.2GHz。

右键节点树下的【Design】→【Excitation Signal】，选择【Edit】设置求解

频率范围，点击【】完成设置，见图 21。

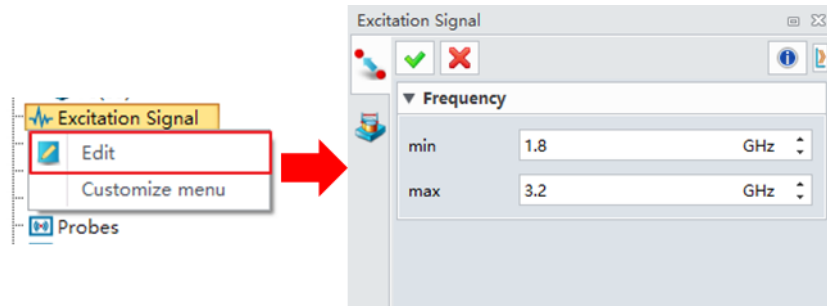


图21. 求解频率设置

7.激励源设置

本算例激励方式为 Lumped Port，归一化阻抗值为 50Ω 。

右键节点树下的【Design】→【Ports】，选择【Lumped Port】，由于接地板上没有特征点可供选择，因此这里需要通过输入点位置坐标设置激励，在 Pos1 中输入 $(\text{Offset}+W/2, 0, 0)$ ，Pos2 中输入 $(\text{Offset}+W/2, 0, \text{SubH})$ ，Characteristic impedance 栏保持默认设置 50Ohm ，点击【】完成设置，见图 22。确定后可在模型上看到有一个箭头表示激励，见图 23。

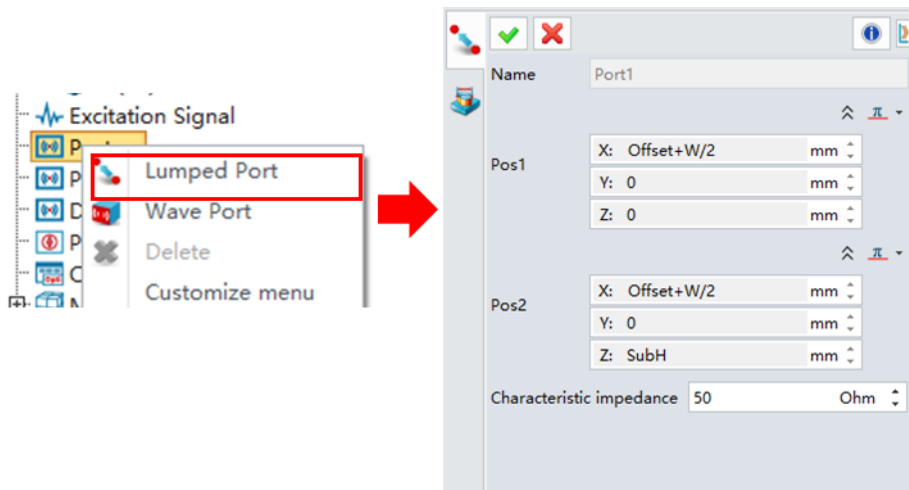


图22. 激励源设置

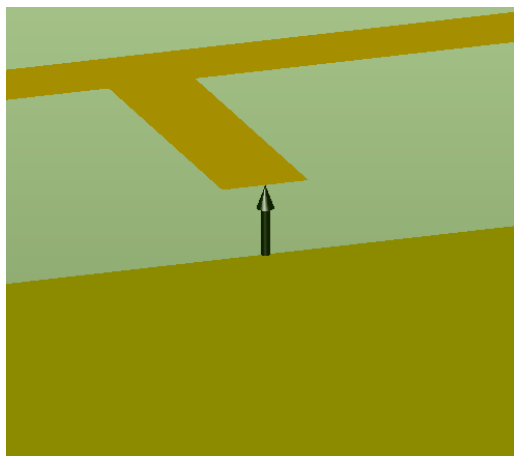


图23. 集总端口

8. 网格设置与剖分

右键节点树下的【Design】→【Mesh Control】→【General】，选择【Edit】打开网格设置栏。理论上网格线数量越多，网格划分就越精细，计算越准确，但仿真时间也将增加，一般保持默认设置即可，见图 24。

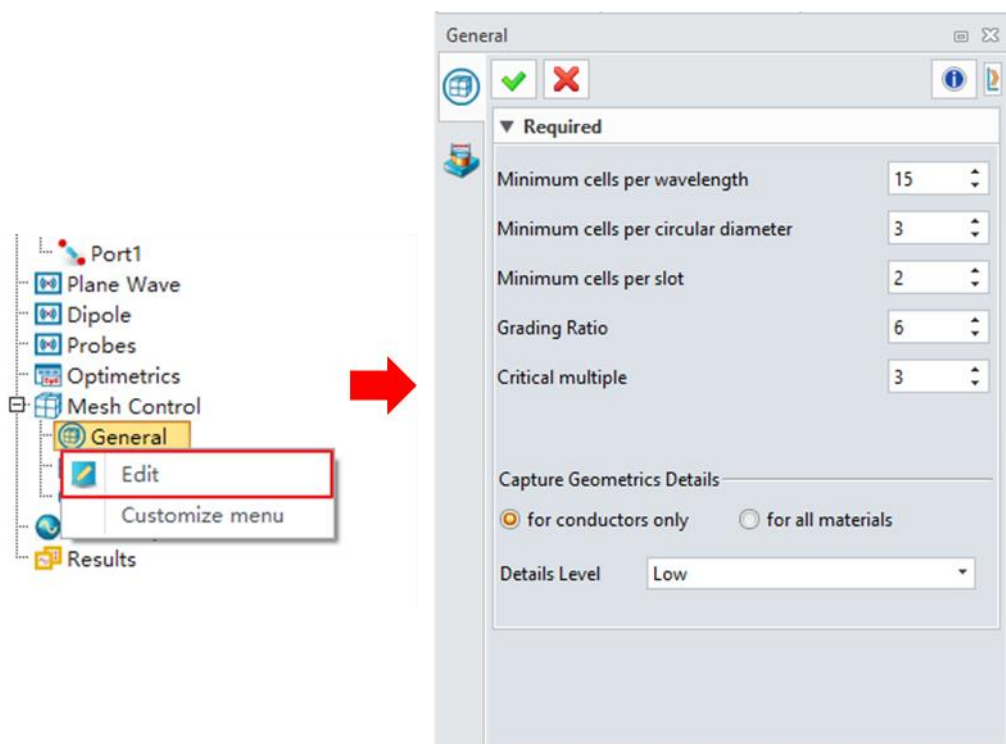


图24. 网格设置

右键节点树下的【Design】→【Mesh Control】，选择【Generate】显示网格，见图 25。

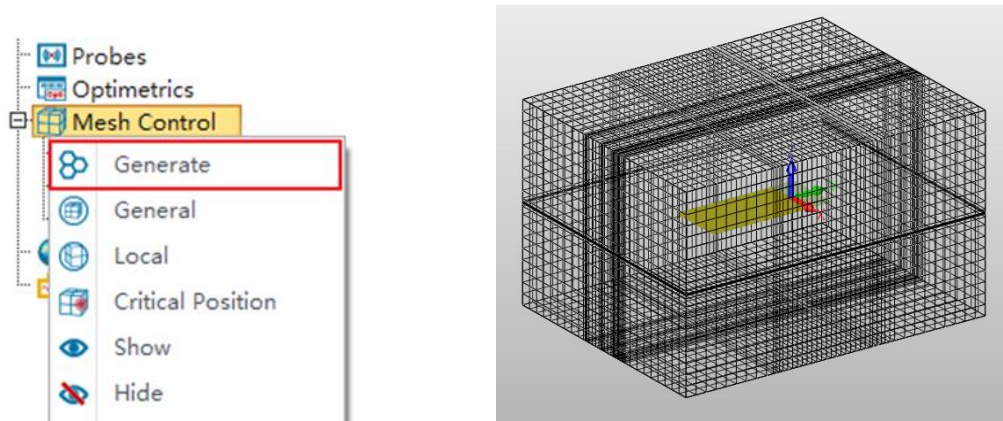



图25. 显示网格

9.求解器设置

本例的 Accuracy 为-40dB。

右键节点树下的【Design】→【Solver Options】，选择【Edit】打开求解器设置栏，在 Accuracy 中选择-40dB，其余参数如图设置，点击【】完成设置，见图 26。

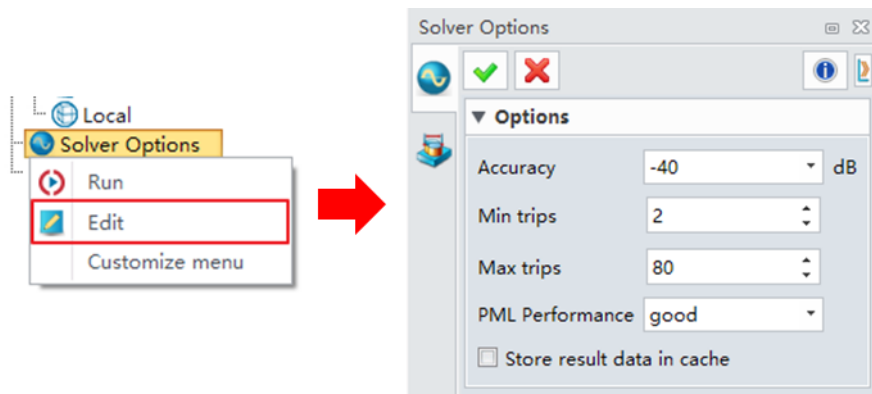


图26. 求解器设置

10.仿真计算

设置完所有参数后,点击Ribbon栏中的【EM Simulation】→【Check & Run】→【Check】,打开Check对话框,见图 27,确认每个项目是否都为✓状态。每个项目都为✓状态表示设置正确,可以正常运行仿真了。接着点击【Run】便可运行仿真。

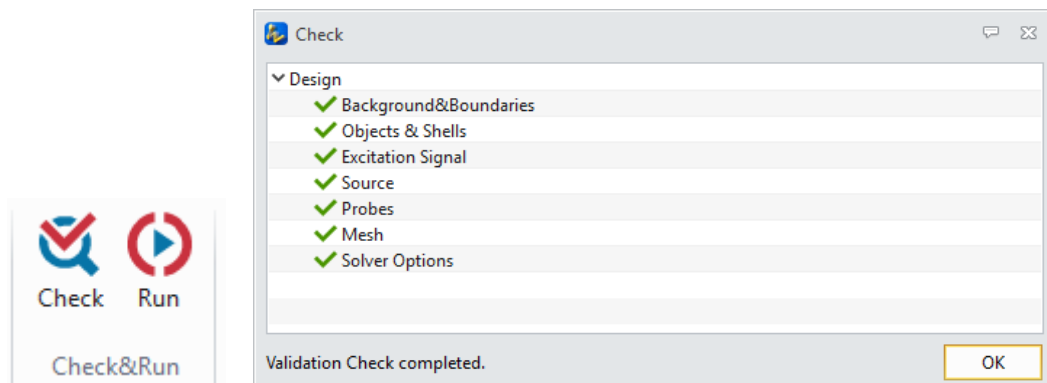


图27. 仿真前检查

也可选择右键节点树下的【Solver Options】，选择【Run】来运行仿真。进度栏中会显示当前仿真进度，运行结束后，将在节点树下出现一些默认的结果，见图 28。

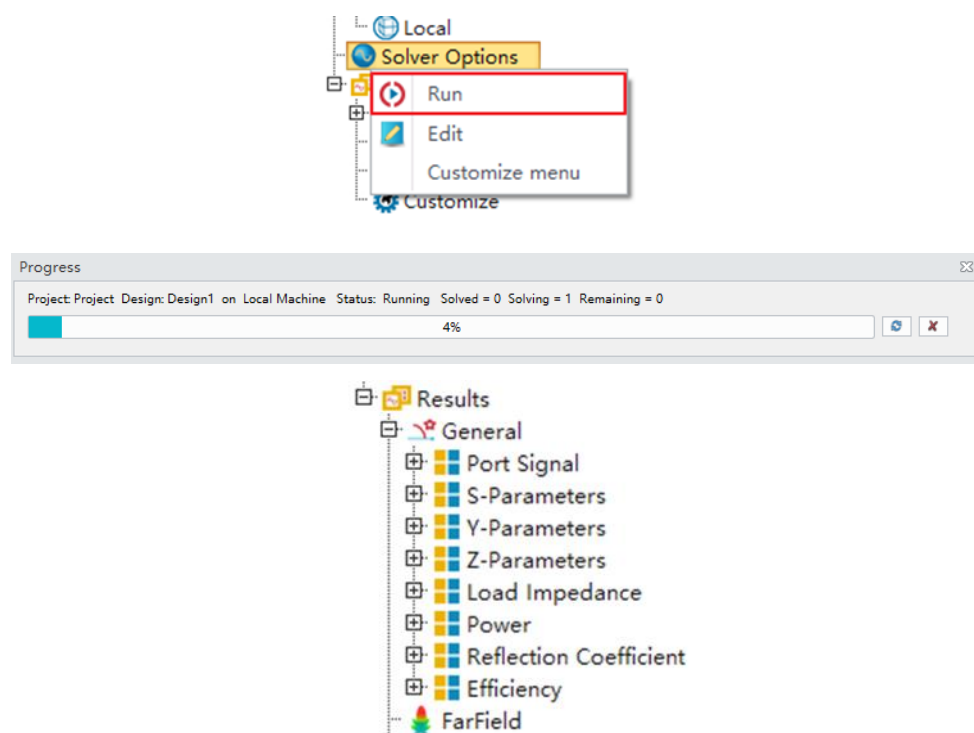


图28. 仿真运行

11.结果查看与后处理

1) 结果查看

运行完后，在节点树【Design】→【Results】下可查看运行结果。

a. 查看天线的谐振频率

通过查看天线的回波损耗（S11），即可看出天线的谐振频率，点击节点树中【Results】下的【S-Parameters】，查看 S11，见图 29。

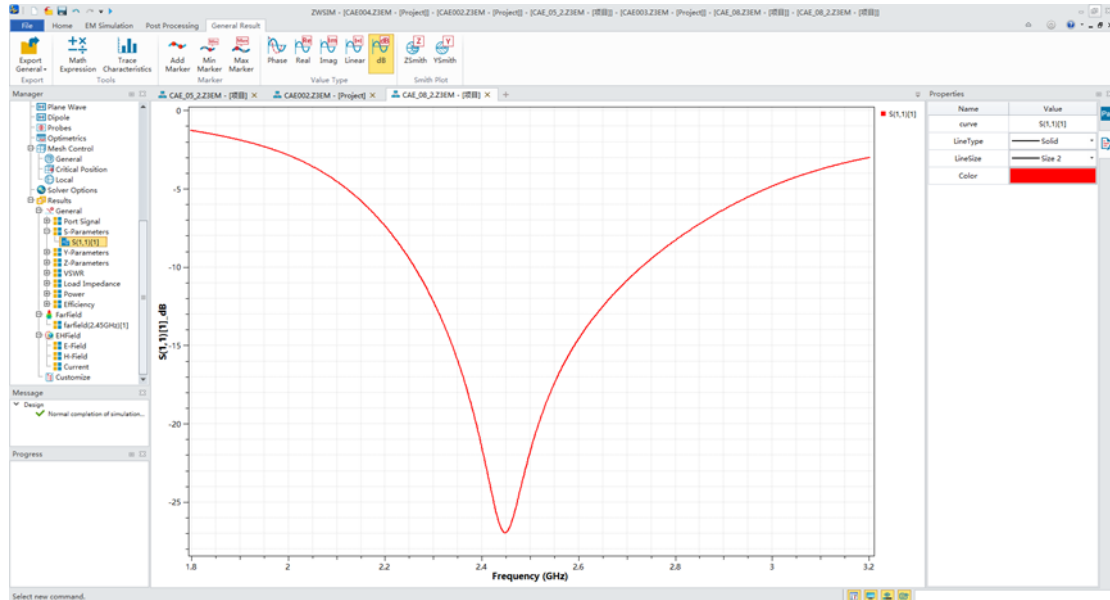


图29. S 参数

在 Ribbon 栏的【General Result】中可以添加 Marker 点（在视图区点击右键也可以），查看 Smith 圆图等，视图区右侧属性栏还可以设置曲线的颜色、类型以及粗细等。

b. 查看天线的输入阻抗

通过直角坐标系和 Smith 圆图分别查看天线的输入阻抗随频率的变化关系。点击节点树的【Results】下的【Z-Parameters】，再在 Ribbon 栏【General Result】下分别选择 Re（实部）和 Im（虚部），见图 30、图 31。

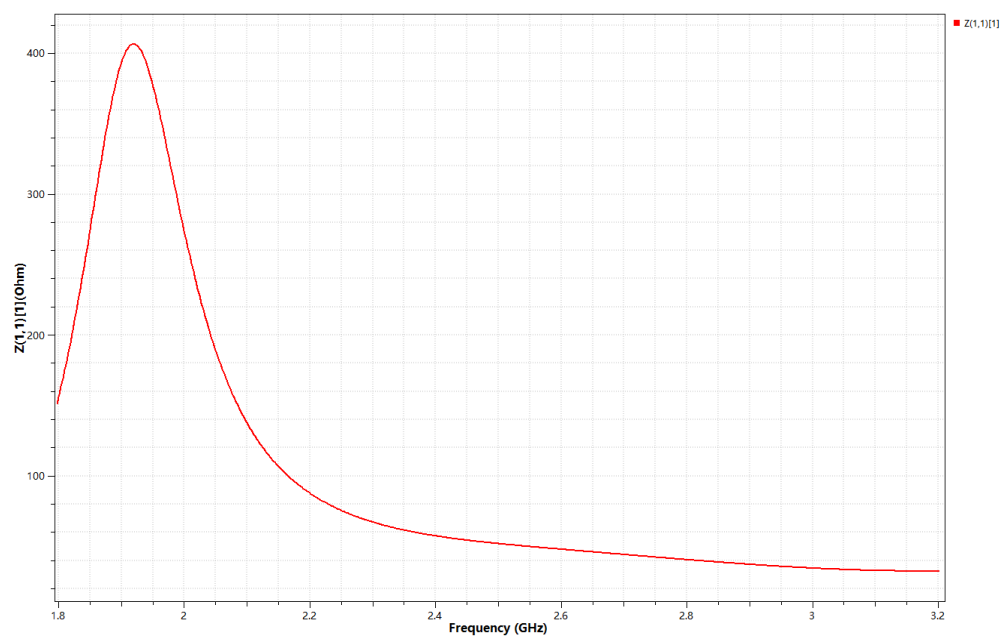


图30. 阻抗实部

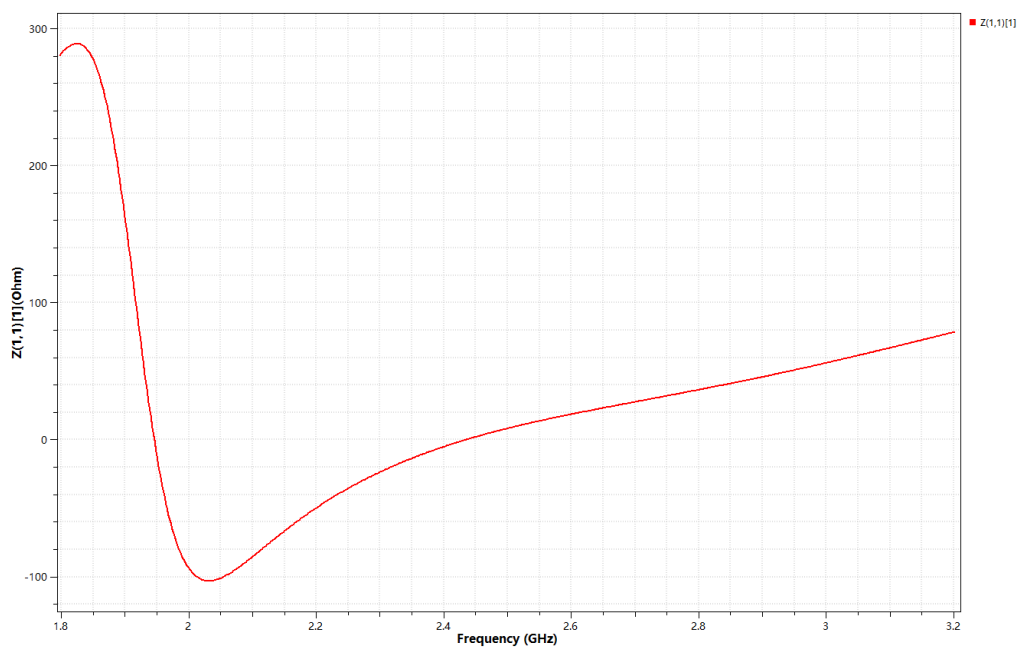


图31. 阻抗虚部

再次点击节点树的【Results】下的【S-Parameters】，并在 Ribbon 栏【General Result】下选择【ZSmith】，查看 Smith 圆图，见图 32。

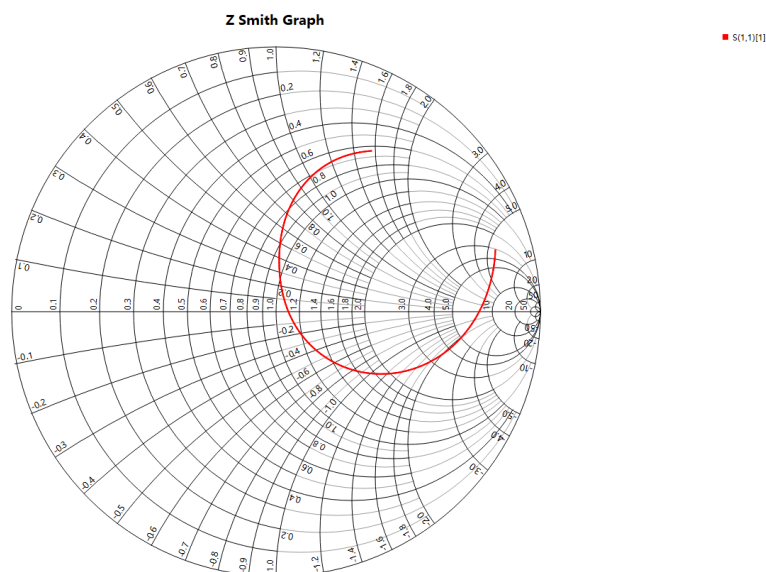


图32. Smith 圆图

c. 查看三维增益方向图

首先需要定义查看频点，在 Ribbon 栏中选择【Post Processing】→【FarField】打开频点设置对话框，见图 33。本例输入频点 2.45GHz，然后在节点树下将出现相应的节点。

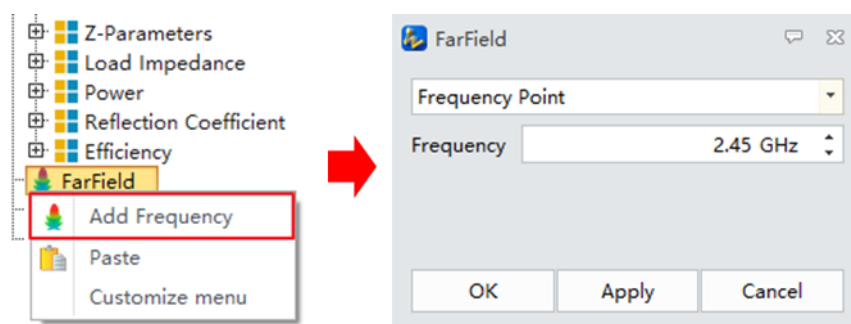


图33. 添加远场结果

设置完成后，可在节点树下点击查看远场图。可通过 Ribbon 栏【FarField Result】→【Category】，切换查看远场的 Gain、Directivity 类型，见图 34。

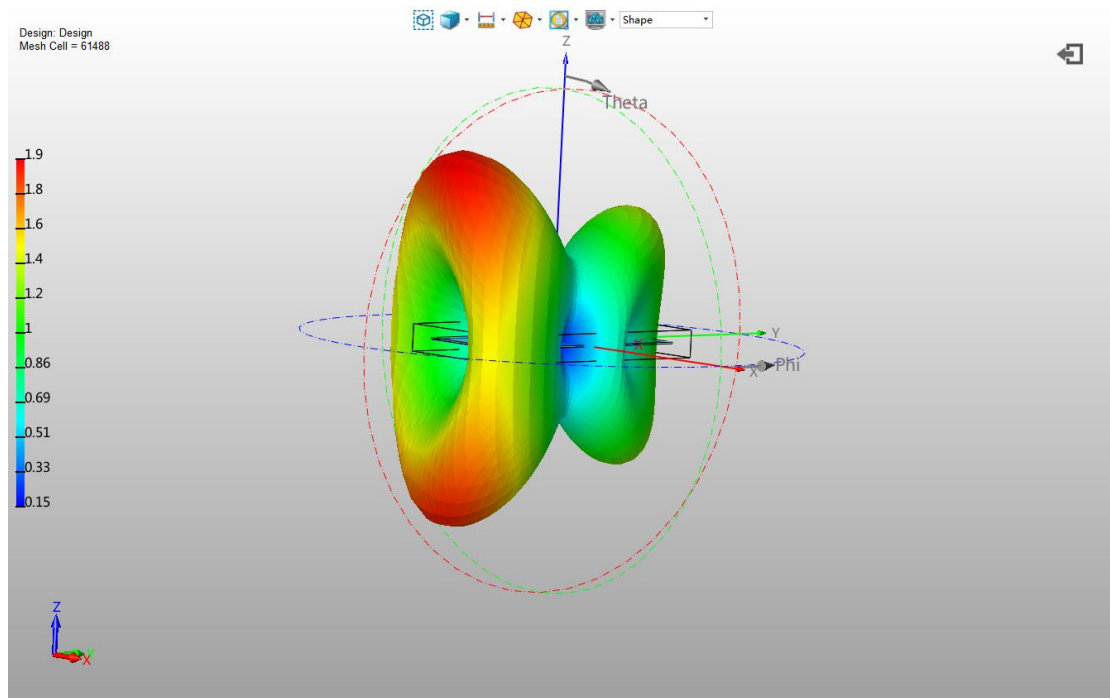


图34. 远场结果（三维显示）

如需查看更多结果，可点击 Ribbon 栏中的【Post Processing】→【General Results Manager】打开结果管理对话框，见图 35。勾选需要查看的数据，结果将被添加到节点树的【Results】下，点击即可查看。

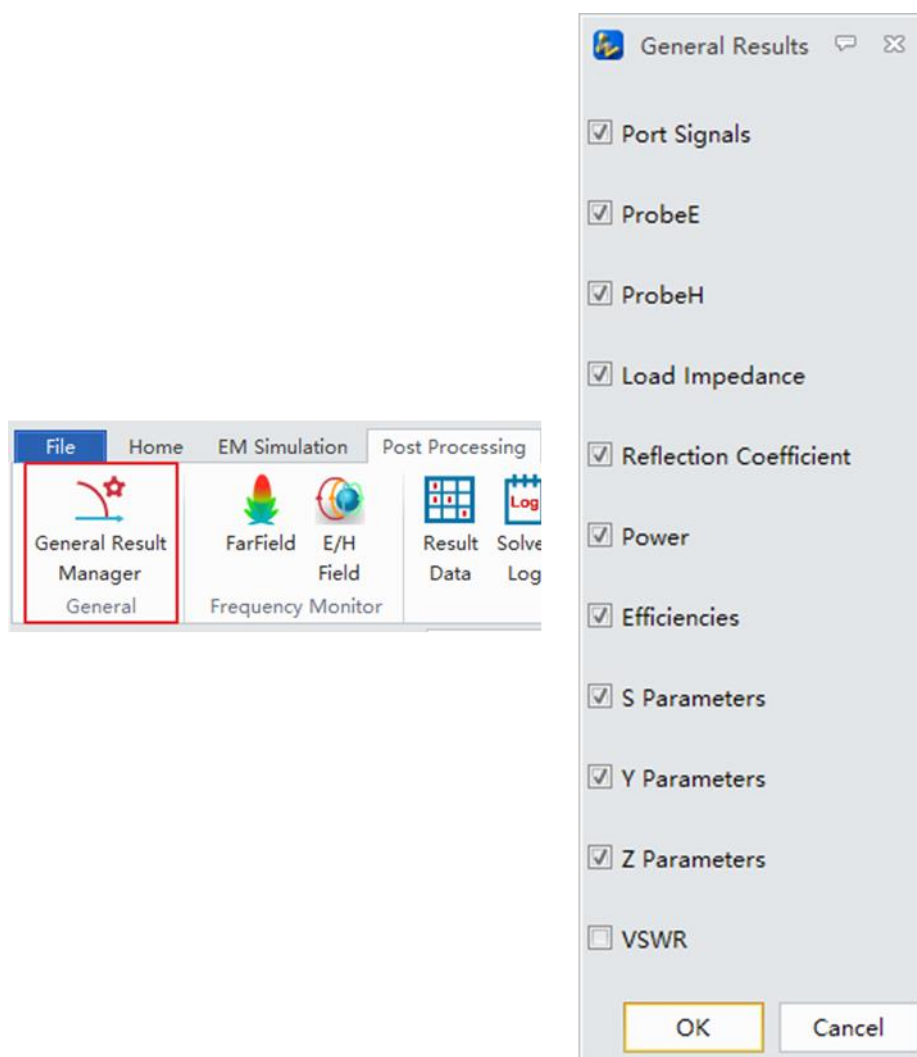


图35. 结果管理对话框

d. 查看电磁场 (E、H Field) 及表面电流 (Surface Current)

定义查看频点，在 Ribbon 栏中选择 **【Post Processing】** → **【E/H Field】**

打开频点设置对话框，见图 36。本例输入频点 2.45GHz。

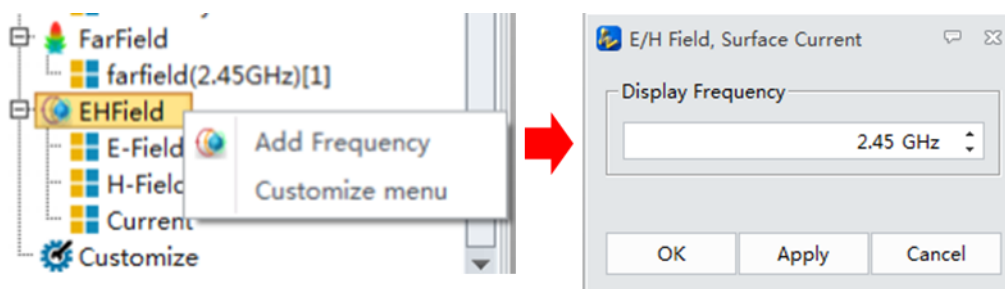


图36. 添加电磁场及表面电流结果

设置完成后，可在节点树下点击查看电磁场及表面电流，见图 37。

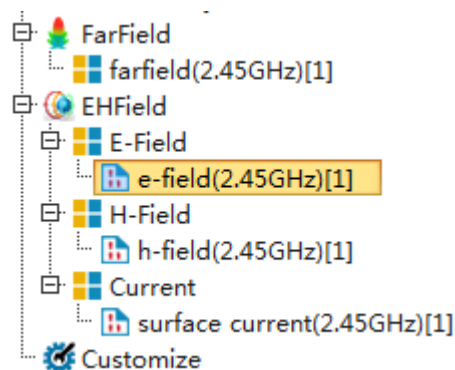


图37. 节点树下新增的电磁场及表面电流节点

当用户想要查看电磁场的动态变化时,可点击 Ribbon 栏【E/H Field Result】
→ 【Play Animation】。

2) 分析天线参数对天线性能的影响

分析天线的谐振长度 L 对天线性能的影响,主要通过天线的谐振频率和输入阻抗的变化来分析。

a. 添加扫描变量

右键节点树下的【Optimetrics】,选择【Parameters Sweep】打开参数扫描对话框,点击【 π 】,弹出参数扫描对话框,在 Name 中选择 L , Range 输入 15.2mm、17.2mm, Step 输入 1,如图 38 所示。

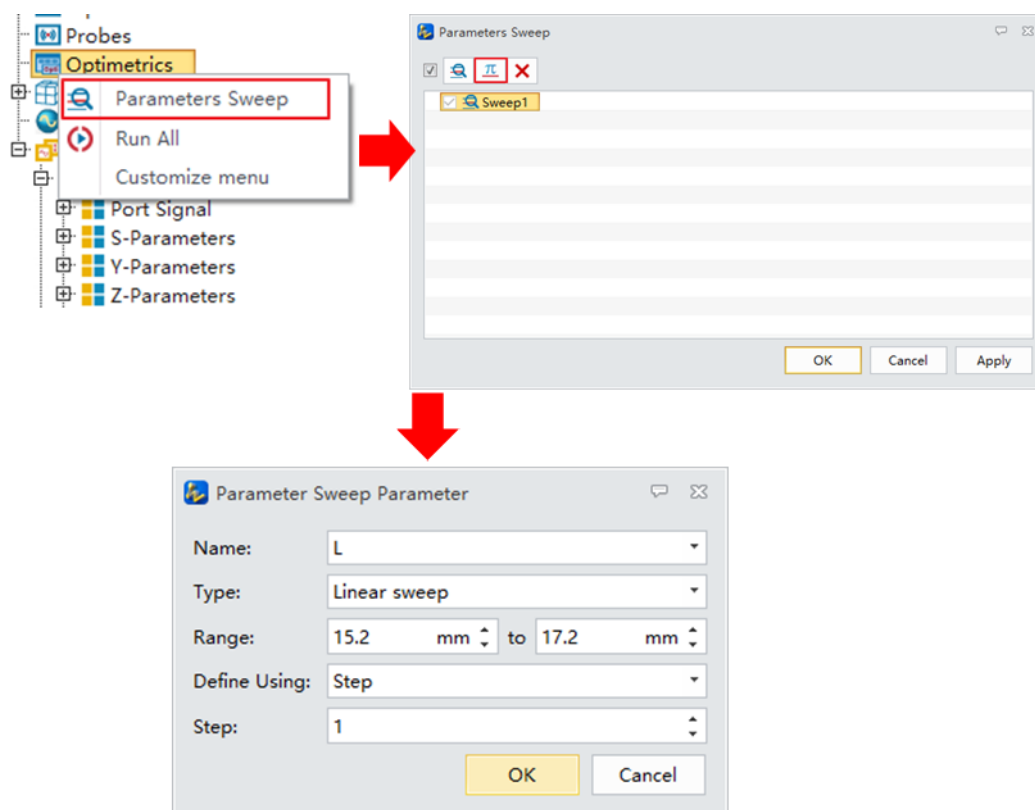


图38. 添加扫描变量

b. 运行参数扫描

添加完成后，将在节点树的【Optimetrics】下出现【Sweep1】，右键单击【Sweep1】，选择【Run】运行参数扫描，见图 39。同样，会在 Progress 栏中显示仿真进度，见图 40。

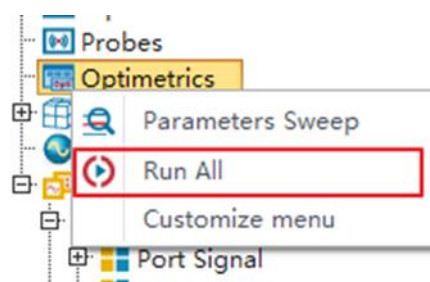


图39. 运行参数扫描

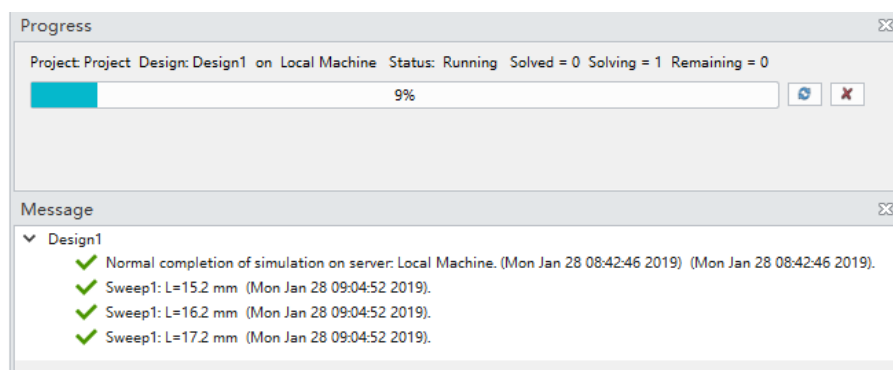


图40. 参数扫描进度

c. 查看结果

在节点树的【Results】下选择【S-Parameters】查看回波损耗 (S11)，结果中的每条 S11 曲线对应不同的 L 变量值，见图 41。

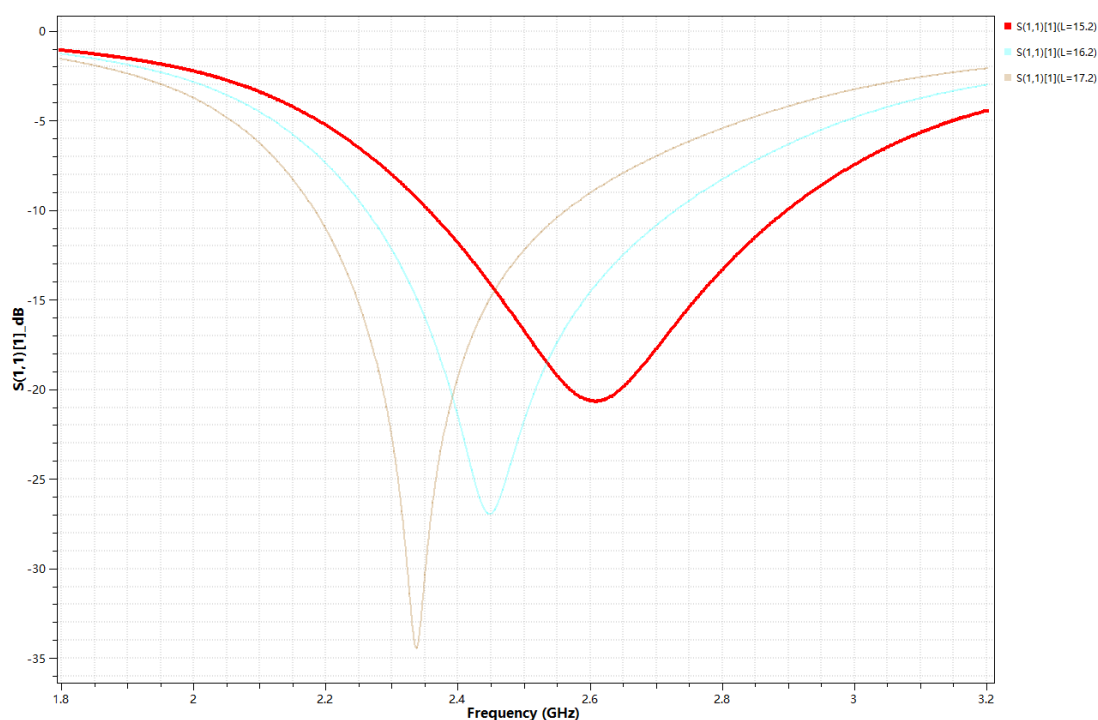


图41. 不同的 L 变量值分别对应不同 S11 曲线

从扫描分析结果中可以看出，天线的谐振频率随着天线谐振长度变量 L 的变大而降低。

点击节点树中【Results】下的【Z-Parameters】，再在 Ribbon 栏【General Result】下分别选择 Re 和 Im，见图 42、图 43。

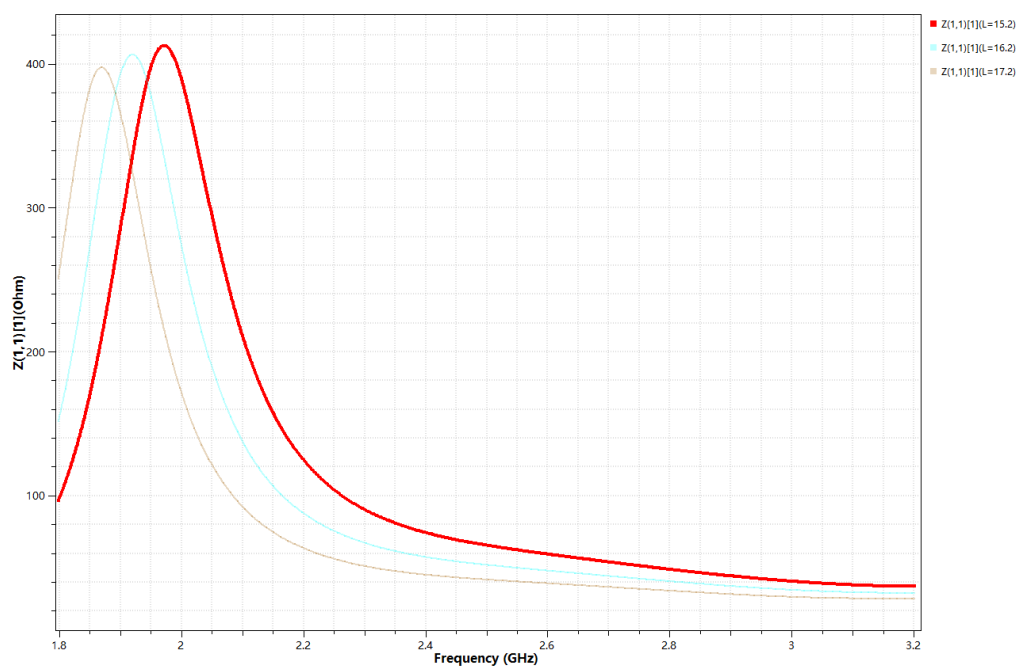


图42. 不同的 L 变量值分别对应不同阻抗实部曲线

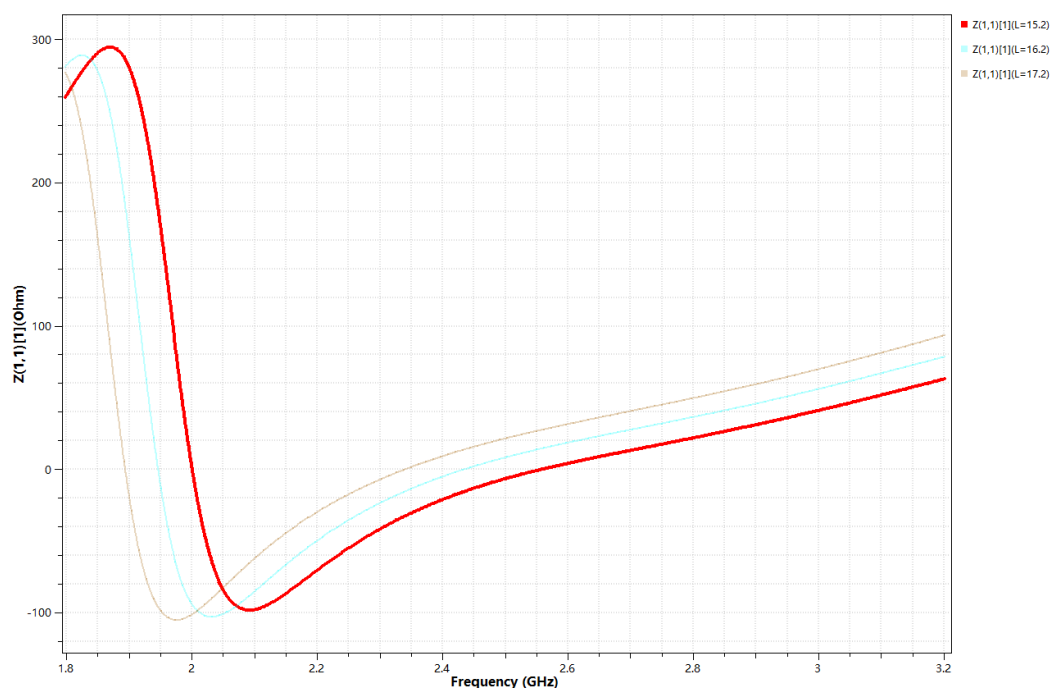


图43. 不同的 L 变量值分别对应不同阻抗虚部曲线

从扫描分析结果中可以看出，天线在工作频率 2.45GHz 附近，天线输入阻抗的电阻值随着谐振长度 L 的增加而降低，电抗值随着谐振长度 L 的增加而增加，即电抗值随着谐振长度 L 的增加逐渐由容性变为感性。