

4.5 FEM 仿真实例 ——射频连接器

4.5.1 问题描述

本例所要分析的器件如图 4-212 所示，通过查看远场结果，我们将介绍 Rainbow-FEM3D 模块的具体仿真流程，包括建模、求解、后处理等。

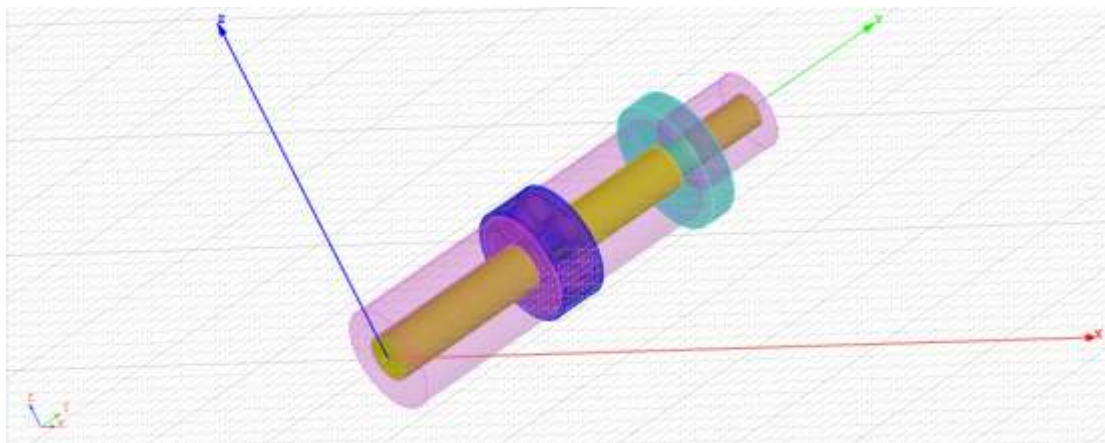


图 4-212 射频连接器仿真模型

4.5.2 系统启动

4.5.2.1 从开始菜单启动

点击操作系统菜单 **Start**→**Rainbow Simulation Technologes**→**Rainbow Studio**，在弹出的产品选择对话框中选择产品模块，如图 4-213 所示，启动 Rainbow-FEM3D 模块。



图 4-213 启动 FEM 模块

4.5.2.2 创建文档与设计

如图 4-214 所示选择菜单文件→新建工程→Studio 工程与 FEM(Modal)模型来创建新的文档，其中包含一个缺省的 FEM 的设计。

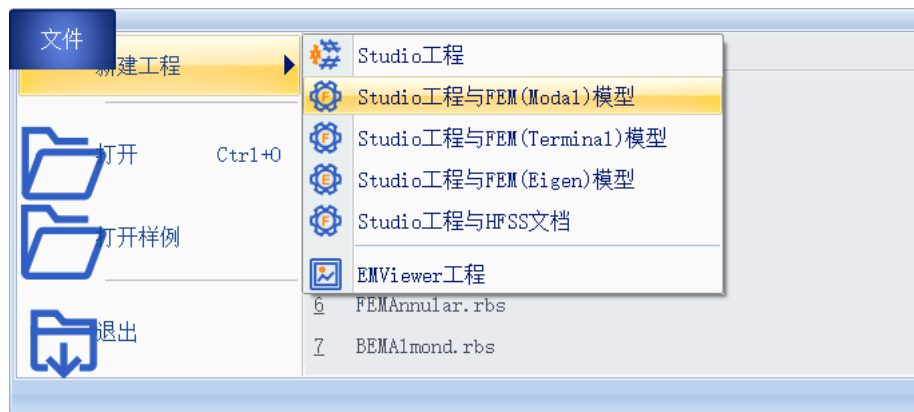


图 4-214 创建 FEM 文档与设计

如图4-215所示在左边工程树中选择**FEM**设计树节点，选择右击菜单**模型改名**把设计的名称修改为**射频连接器**。

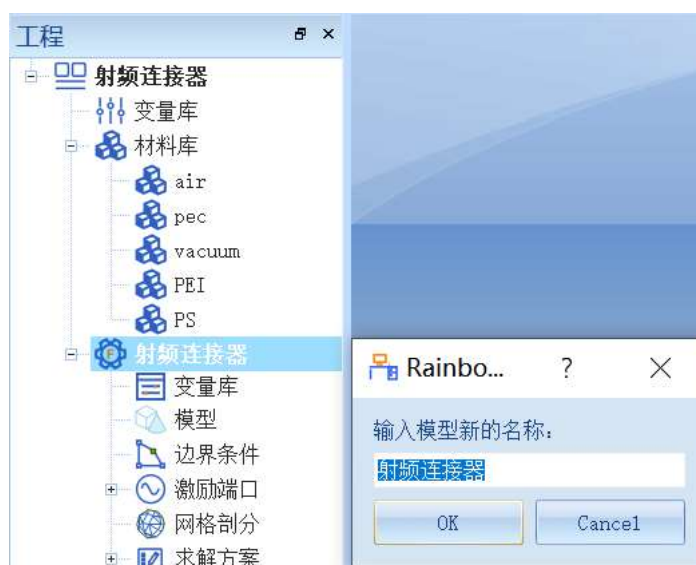


图4-215 修改设计名称

点击菜单 **File→Save** 或者 **Ctrl+S** 来保存文档，将文档保存为**射频连接器.rbs** 文件。保存后的工程树如图 4-216 所示。

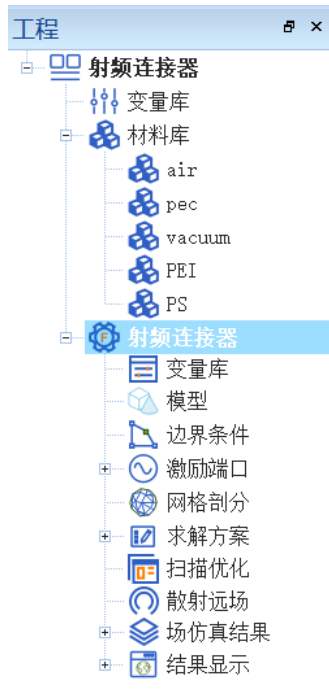


图 4-216 保存文档

4.5.3 创建几何模型

4.5.3.1 创建材料

在工程树中选择**材料库**，在其右键菜单中选择**添加材料**→**常规**，如图 4-217 所示，打开工程材料库。

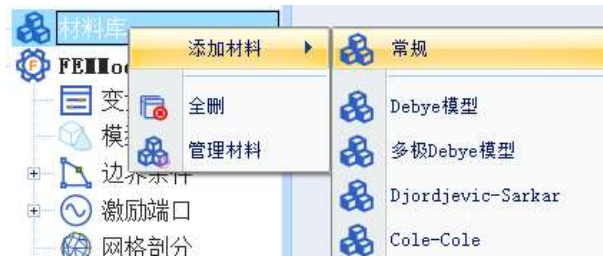


图 4-217 打开材料管理库

为工程添加新的材料，具体设置如图 4-218 和图 4-219 所示。



图 4-218 添加新材料 PEI

名称: PEI

Relative Permittivity: 3.15

Relative

Permeability: 1

Magnetic LossTangent: 0

Dielectric

LossTangent: 0

Bulk Conductivity: 0

测量频率: 9.40

GHz



图 4-219 添加新材料 PS

名称: PS

Relative Permittivity: 2.45

Relative

Permeability: 1

Magnetic LossTangent: 0

Dielectric

LossTangent: 0

Bulk Conductivity: 0

测量频率: 9.40

GHz

4.5.3.2 创建 pec 材料圆柱体

如图 4-220 所示点击菜单几何→圆柱体创建圆柱体, 用户可以在模型视图窗口中如图 4-221 所示用鼠标操作创建抛物面。



图 4-220 创建圆柱体

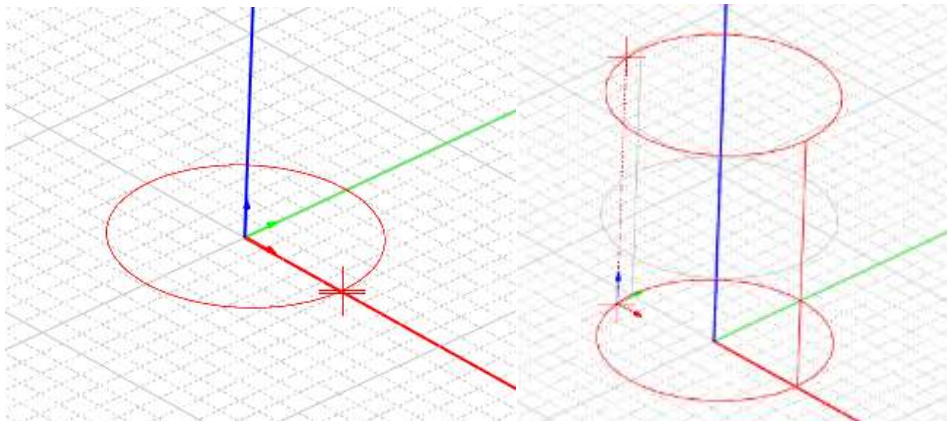


图 4-221 用鼠标拉出圆柱体半径和高度

双击创建的圆柱体对象 **Cylinder1**, 在如图 4-222 所示的属性窗口中修改圆柱体的名称为 DT1, 颜色修改为黄色, 材料选择为 pec。

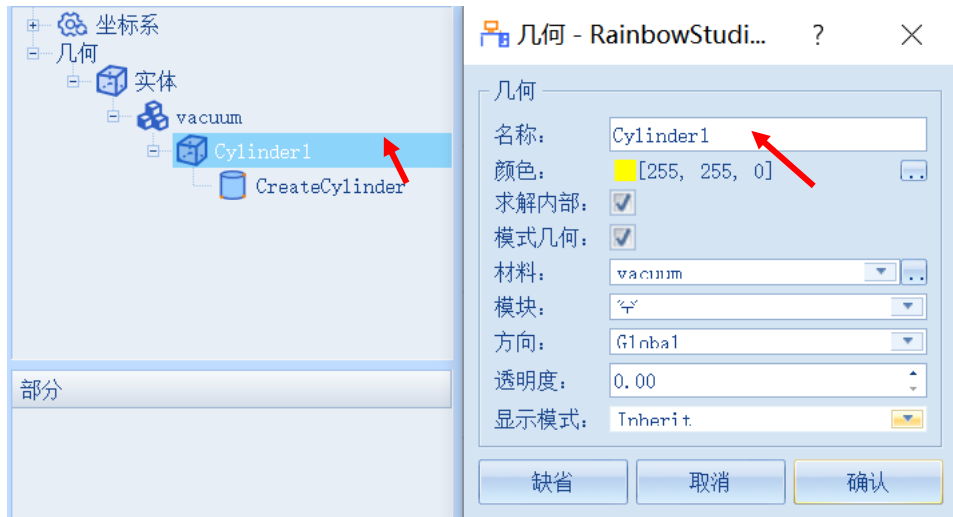


图 4-222 修改圆柱体对象名称

选择对象的创建命令 **CreateCylinder**，在如图 4-223 所示的属性窗口中输入如下的命令修改属性参数。

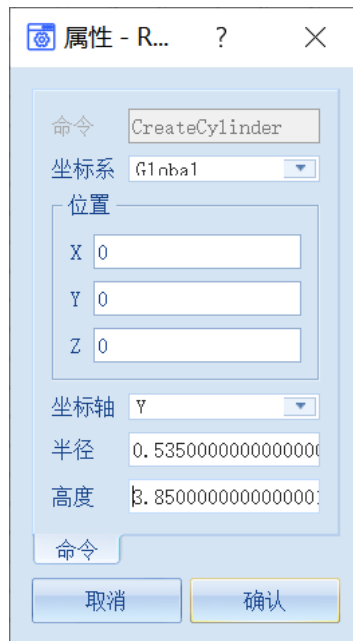


图 4-223 修改圆柱体对象几何尺寸

X|Y|Z: 0

坐标轴: Y

半径: 0.535

高度: 3.85

创建好的图形如图 4-224 所示。

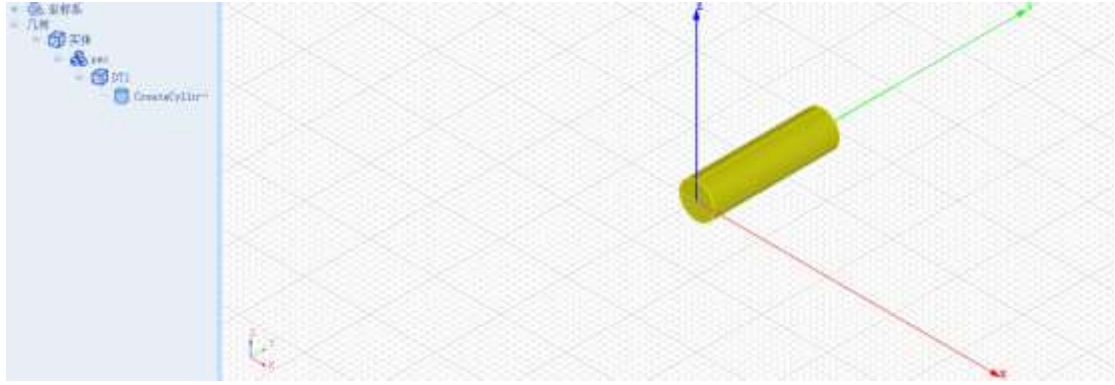


图 4-224 创建好的图形

用同样的方式建立 DT2、DT3、DT4、DT5、DT6、DT7 圆柱体对象，具体参数如图 4-225 所示。

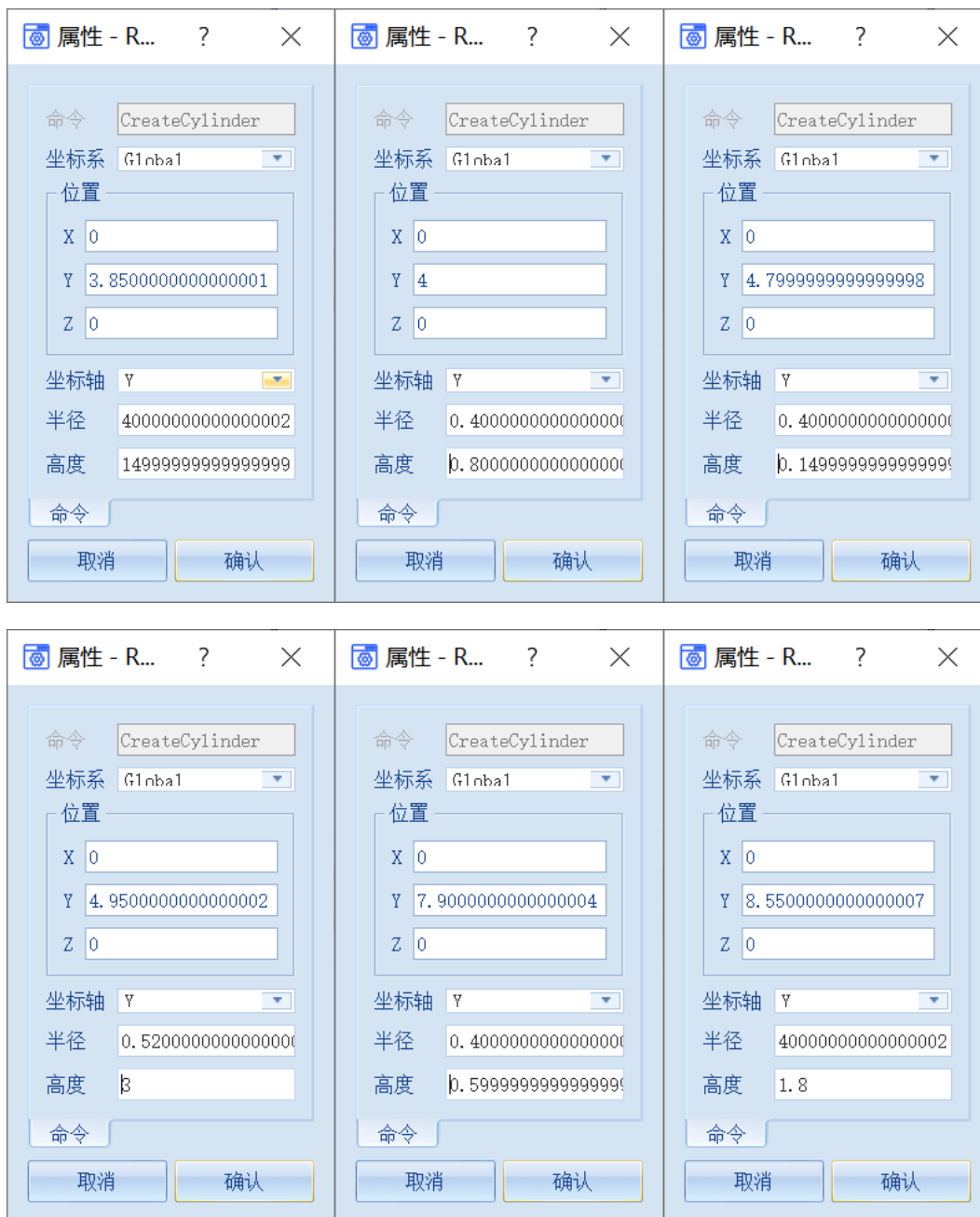


图 4-225 创建其它圆柱体对象

DT2

X|Y|Z: 0 3.85 0

坐标轴: Y

半径: 0.4

高度: 0.15

DT4

DT3

X|Y|Z: 0 4 0

坐标轴: Y

半径: 0.4

高度: 0.8

DT5

X Y Z: 0 4.8 0	X Y Z: 0 4.95
0	
坐标轴: Y	坐标轴: Y
半径: 0.4	半径: 0.52
高度: 0.15	高度: 3
DT6	DT7
X Y Z: 0 7.95 0	X Y Z: 0 8.55
0	
坐标轴: Y	坐标轴: Y
半径: 0.4	半径: 0.4
高度: 0.6	高度: 1.8

创建好的圆柱体对象如图 4-226 所示。

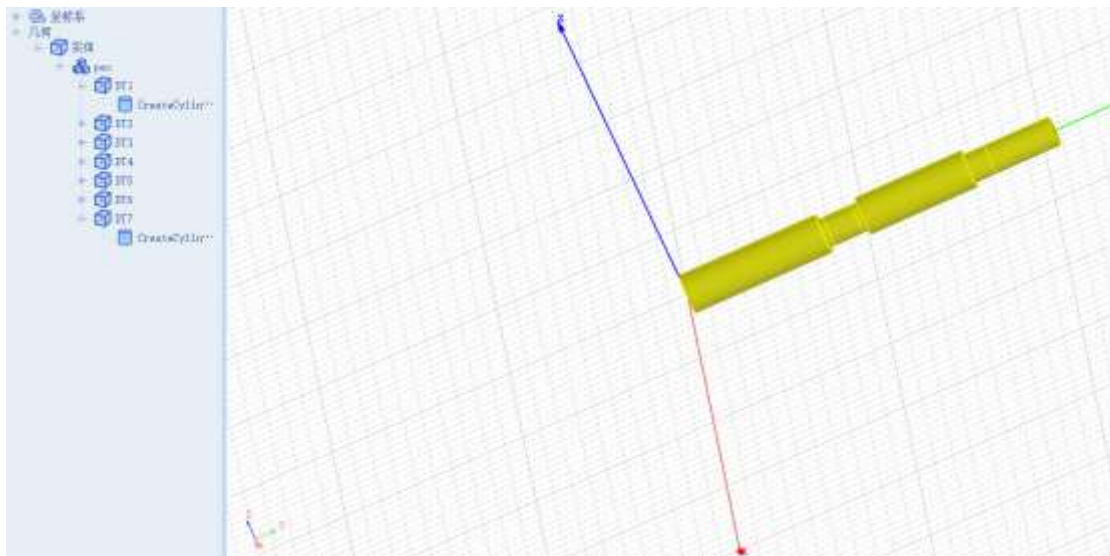


图 4-226 创建完成后的几何模型

4.5.3.3 创建 air 材料几何模型

点击菜单**几何**→**圆柱体**，在平面处建立圆柱体，并双击 Cylinder 在几何属性界面和参数属性界面修改其属性如图 4-227 所示。

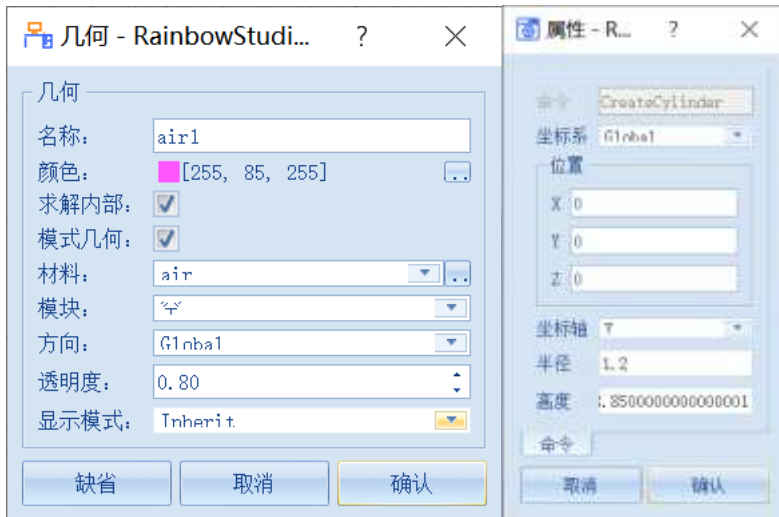


图 4-227 修改 air1 几何参数

air1

X|Y|Z: 0 0 0

坐标轴: Y

半径: 1.2

高度: 3.85

采用同样的方式建立 air2 如图 4-228 所示。

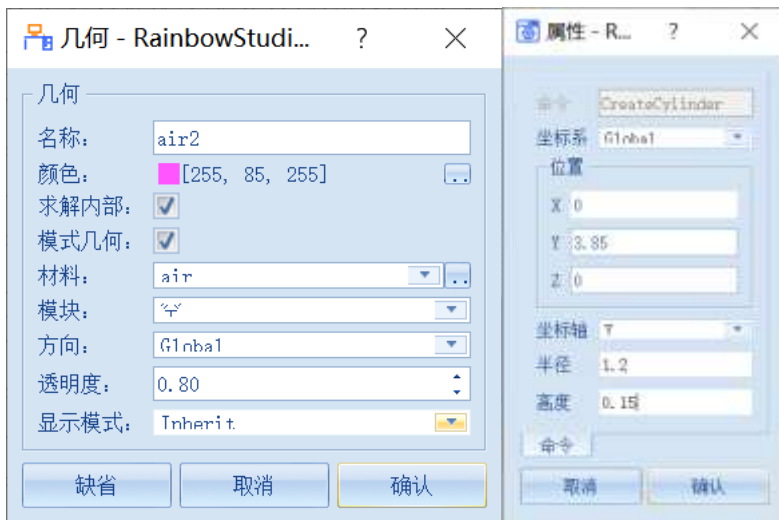


图 4-228 修改 air2 几何参数

air2

X|Y|Z: 0 3.85 0

坐标轴: Y

半径: 1.2

高度: 0.15

按照同样的方式创建 air3 几何模型，如图 4-229 所示。

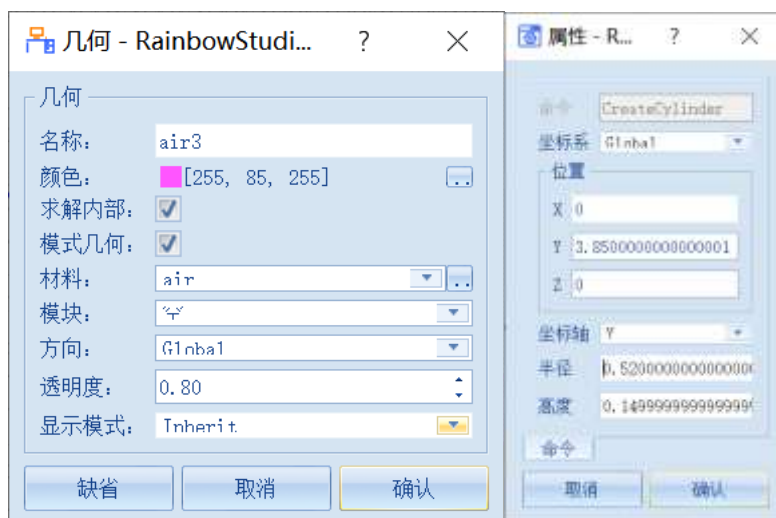


图 4-229 修改 air3 几何参数

air3

X|Y|Z: 0 3.85 0

坐标轴: Y

半径: 0.52

高度: 0.15

按照同样的方式创建 air4 几何模型，如图 4-230 所示。

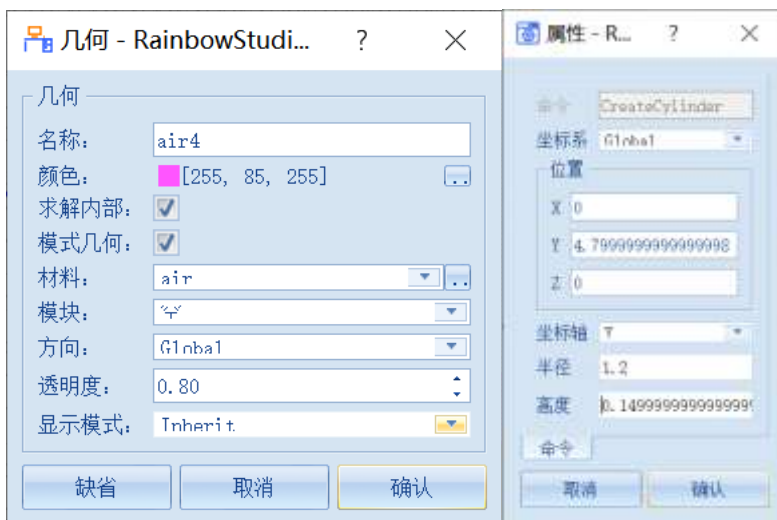


图 4-230 修改 air4 几何参数

air4

X|Y|Z: 0 4.8 0

坐标轴: Y

半径: 1.2

高度: 0.15

按照同样的方式创建 air5 几何模型，如图 4-231 所示。

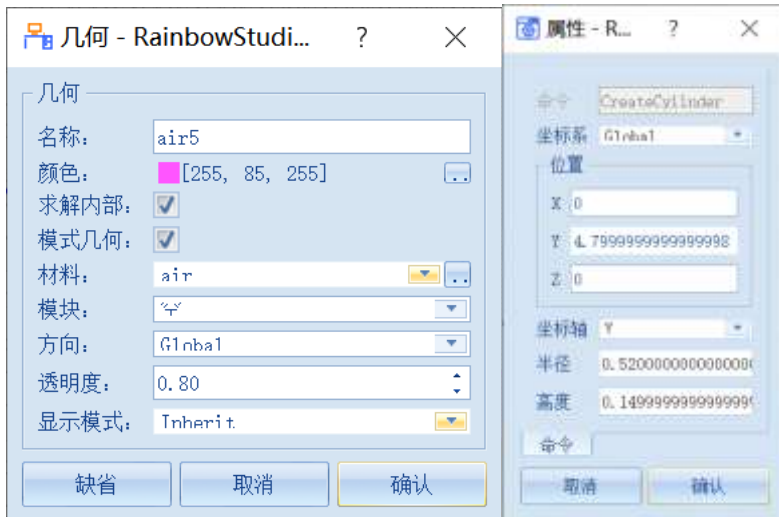


图 4-231 修改 air5 几何参数

air5

X|Y|Z: 0 4.8 0

坐标轴: Y

半径: 0.52

高度: 0.15

按照同样的方式创建 air6 几何模型，如图 4-232 所示。

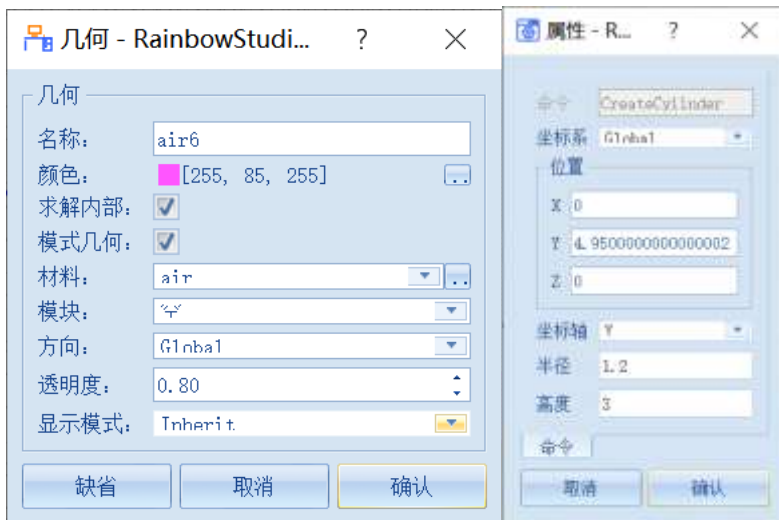


图 4-232 修改 air6 几何参数

air6

X|Y|Z: 0 4.95 0

坐标轴: Y

半径: 1.2

高度: 3

按照同样的方式创建 air7 几何模型，如图 4-233 所示。

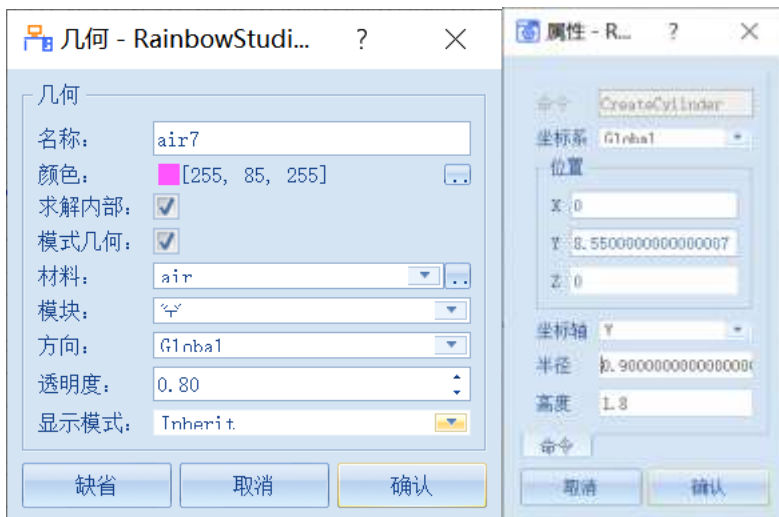


图 4-233 修改 air7 几何参数

air7

X|Y|Z: 0 8.55 0

坐标轴: Y

半径: 0.9

高度: 1.8

接下来进行 **airX** 的建模，点击菜单几何→圆柱体，双击 Cylinder 修改其几何属性和参数属性，如图 4-234 所示。

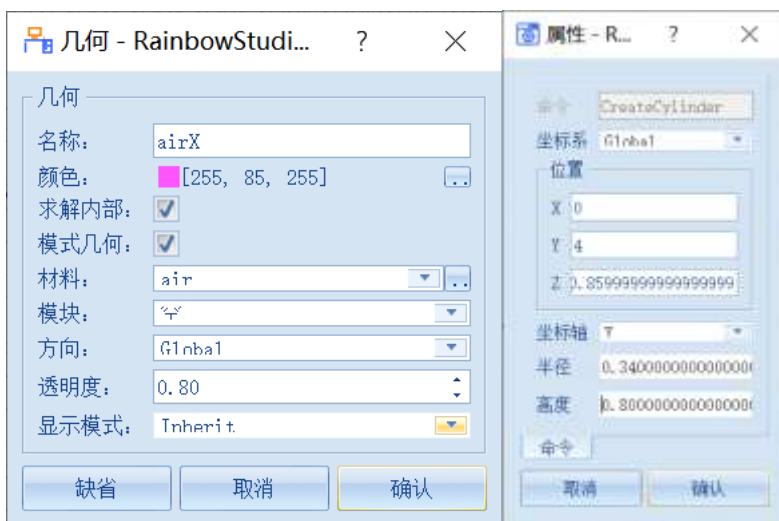


图 4-234 修改 airX 几何参数

airX

X|Y|Z: 0 4 0.86

坐标轴: Y

半径: 0.34

高度: 0.8

对 **airX** 进行**复制旋转**，在几何树中旋转 airX，右击选择选择菜单中的几何→复制→旋转，出现如图 4-235 所示界面，并修改参数。



图 4-235 对 airX 进行旋转复制

空气材料的几何体建模完成后如图 4-236 所示。

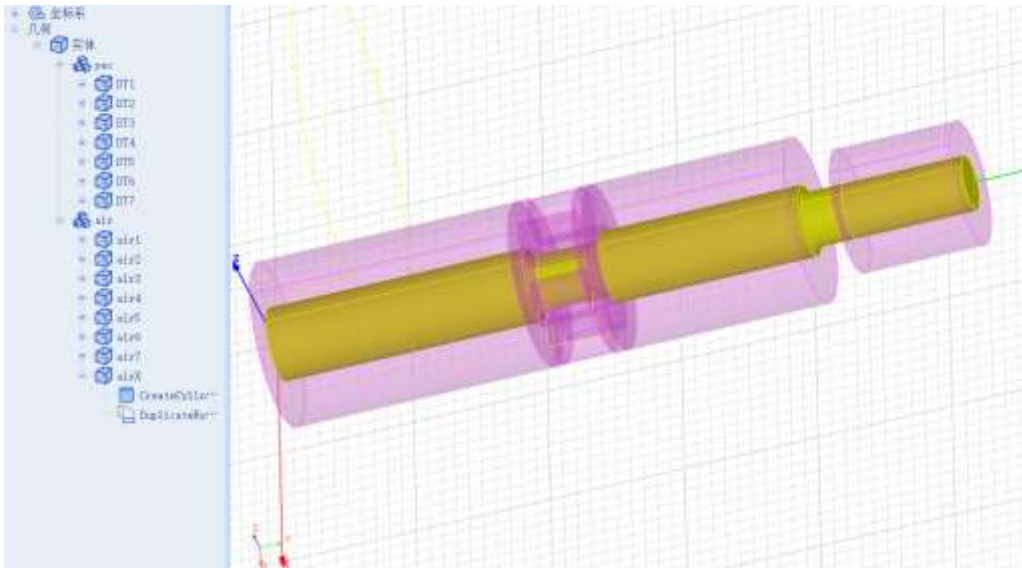


图 4-236 完成空气材料几何建模

4.5.3.4 创建 PEI 材料的几何模型

点击菜单几何→圆柱体，在平面处建立圆柱体，并双击 Cylinder 在几何属性界面和参数属性界面修改其属性如图 4-237 所示。

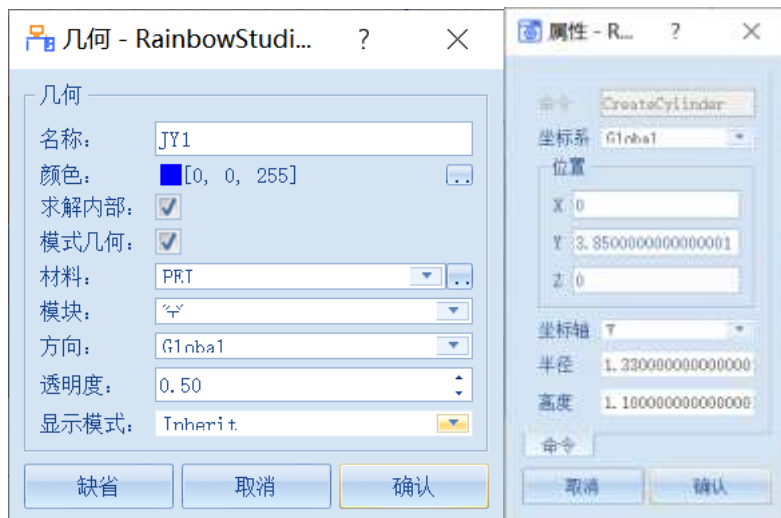


图 4-237 PEI 材料几何体属性

位置

X: 0

坐标轴: Y

Y: 3.85

半径: 1.33

Z: 0

高度: 1.1

4.5.3.5 创建 PS 材料几何模型

点击菜单**几何**→**圆柱体**，在平面处建立圆柱体，并双击 Cylinder 在几何属性界面和参数属性界面修改其属性如图 4-238 所示。

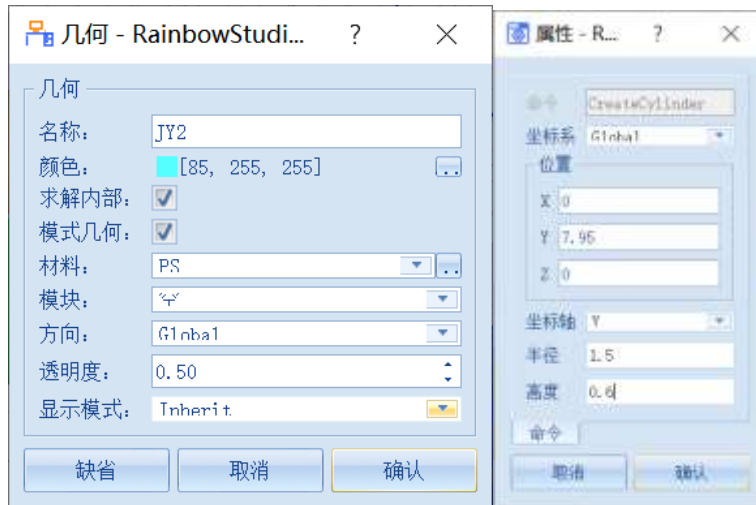


图 4-238 JY2 几何体属性界面

位置

X: 0

坐标轴: Y

Y: 7.95

半径: 1.5

Z: 0

高度: 0.6

4.5.3.6 修改 air 几何体

- 1、在几何树中选择 **DT1**，右键单击在菜单中选择**几何**→**复制**→**原地**，复制出新的几何体 DT1_1。按住 ctrl 键先选择 **air1**，再选择 **DT1_1**，选择菜单**几何**→**裁剪**，完成对 air1 的裁剪。
- 2、按住 Ctrl 键先选择 **air2**，再选择 **air3**，选择菜单**几何**→**裁剪**，完成对 **air2** 的裁剪。

3、按住 Ctrl 键先选择 **air4**，再选择 **air5**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **air4** 的裁剪。

4、在几何树中选择 **DT7**，右键单击在菜单中选择几何→复制→原地，复制出新的几何体 **DT7_1**。按住 ctrl 键先选择 **air7**，再选择 **DT7_1**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **air7** 的裁剪。

完成上述操作后的几何树的如图 4-239 所示。

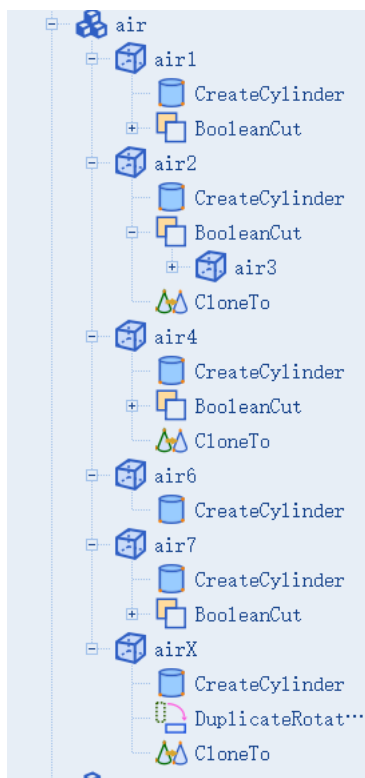


图 4-239 完成对 air 几何体的修改

4.5.3.7 修改 JY1 几何体

1、在几何树中选择 **DT2**、**DT3**、**DT4**，右键单击在菜单中选择几何→复制→原地，复制出新的几何体 **DT2_1**、**DT3_1**、**DT4_1**。按住 ctrl 键先选择 **JY1**，再选择 **DT2_1**、**DT3_1**、**DT4_1**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **JY1** 的一次裁剪。

2、在几何树中选择 **air2**、**air4**，右键单击在菜单中选择几何→复制→原地，复制出新的几何体 **air2_1**、**air4_1**。按住 ctrl 键先选择 **JY1**，再选择 **air2_1**、**air4_1**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **JY1** 的二次裁剪。

- 3、在几何树中选择 **airX**，右键单击在菜单中选择几何→复制→原地，复制出新的几何体 **airX_1**。按住 ctrl 键先选择 **JY1**，再选择 **airX_1**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **JY1** 的三次裁剪。

完成对 **JY1** 的裁剪后的几何树如图 4-240 所示。

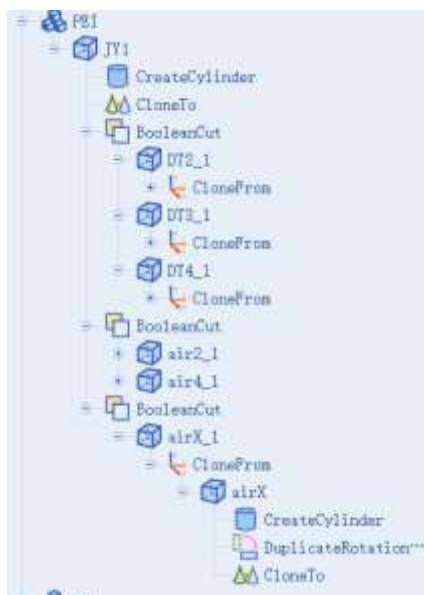


图 4-240 完成对 **JY1** 的修改

4.5.3.8 修改 **JY2** 几何模型

- 在几何树中选择 **DT6**，右键单击在菜单中选择几何→复制→原地，复制出新的几何体 **DT6_1**。按住 ctrl 键先选择 **JY2**，再选择 **DT6_1**，选择菜单几何→裁剪，完成对 **JY2** 的裁剪。

完成对 **JY2** 的裁剪操作后的几何树如图 4-241 所示。

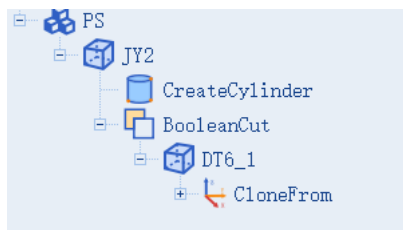


图 4-241 完成对 **JY2** 的修改

4.5.4 仿真模型设置

接下来需要对几何模型设置各种相关的物理特性，包括模型的边界条件、网格参数等。

4.5.4.1 添加端口激励

在软件底部的对象捕获选择为面选择: Face，如图 4-242 所示选择 **air1** 的左侧面，右键选择菜单**添加端口激励**→**波端口**。



图 4-242 添加 P1 激励端口操作

如图所示选择 **air7** 的右侧面，右键选择菜单**添加端口激励**→**波端口**，如图 4-243 所示。

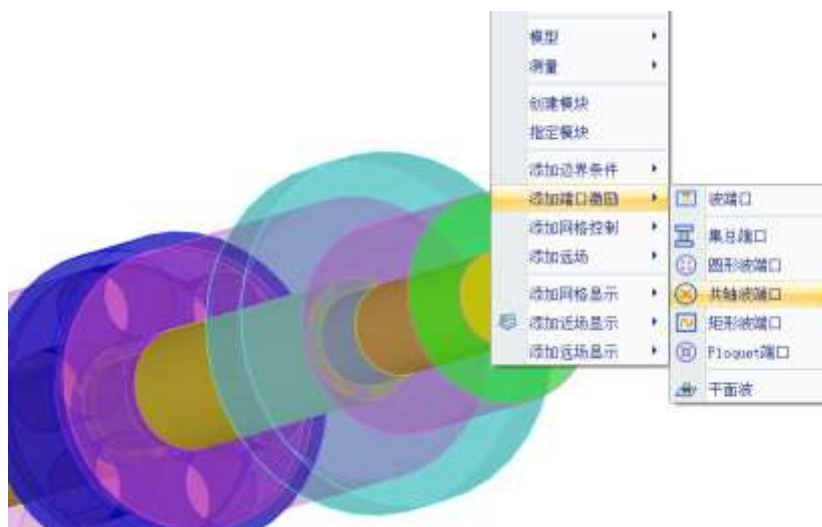


图 4-243 添加 P2 激励端口操作

如图 4-244 所示添加完成激励端口后，在左侧工程树中修改 P1 端口和 P2 端口的起始方向，点击**编辑**，使用鼠标在几何体上定义起点和终点，两个端口修改完成后的结果如图 4-245 所示。

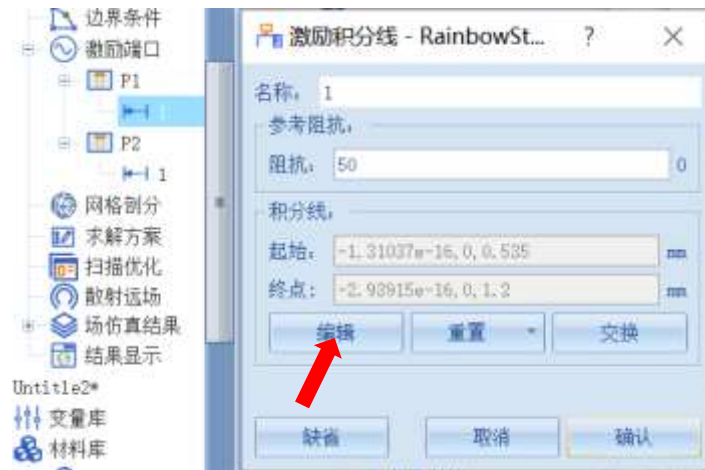


图 4-244 修改积分线

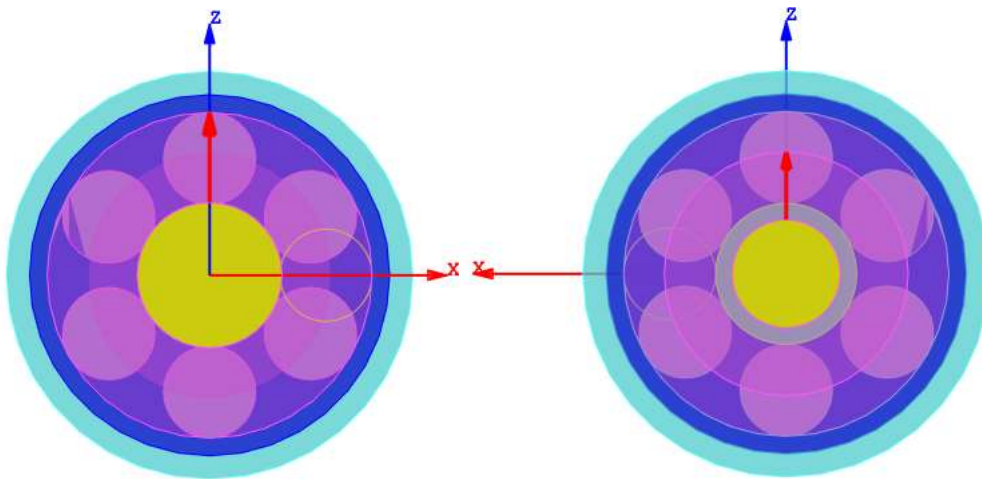


图 4-245 修改完成后结果左为 air1 右为 air7

4.5.5 仿真求解

4.5.5.1 设置仿真求解器

下一步，用户需要设置求解器的仿真频率及其选项，以及可能的频率扫描范围。在工程管理树中，Rainbow 系列软件把这些新增的求解器参数和频率扫描范围添加到设计的**求解方案**目录下。选择菜单**分析**→**添加求解方案**，如图 4-246 所示。并在图 4-247 所示的求解器设置对话框中修改求解器参数。



图 4-246 添加求解方案操作



图 4-247 求解器设置

仿真频率：1 GHz

数据精度：Single Precision

基函数阶数：First Order

每步最大细化单元数目比例：0.3

Maximum Number of Passes：20

最大能量差值(DeltaS)：0.02

4.5.5.2 添加扫频方案

在求解方案目录下打开刚添加的 **FEM1**，在其右键菜单中选择**扫频方案**→**添加扫频方案**，如图 4-248 所示，按照图 4-249 所示设置扫频方案。



图 4-248 添加扫描方案



图 4-249 设置扫描方案

扫描类型：Interpolating

选择方法：Liner by Step

起始：1 GHz

终止：50 GHz

步幅：0.1 GHz

4.5.5.3 求解

完成上述任务后，用户可以选择菜单**分析→验证设计**来如图 4-250 所示验证模型设置是否完整，点击验证设计后会出现如图 4-251 所示的验证有效性界面。



图 4-250 验证设计操作



图 4-251 验证仿真模型有效性

下一步，选择菜单分析→求解设计启动仿真求解器分析模型如图 4-252 所示。用户可以利用任务显示面板来查看求解过程，包括进度和其它日志信息，如图 4-253 所示。



图 4-252 求解设计操作

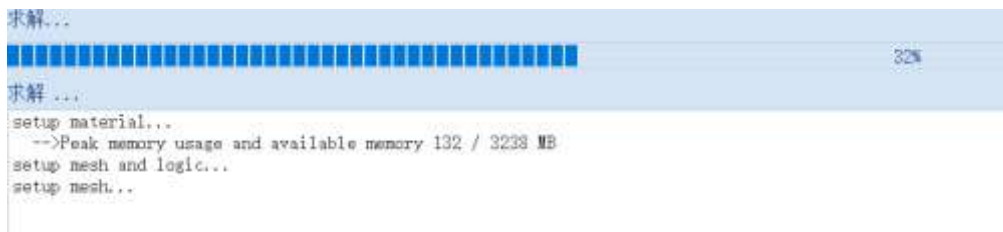


图 4-253 查看仿真任务进度信息

4.5.6 结果显示

4.5.6.1 S 参数图表显示

仿真结束后，系统可以创建各种形式的视图，包括线图，曲面和极坐标显示，天线辐射图等。在工程管理树中，Rainbow 系列软件把这些新增的视图显

示添加到设计的结果显示目录下。选择菜单结果显示→SYZ 参数图表→2 维矩形线图，如图 4-254 所示，并在如图 4-255 所示的控制窗口中输入如下控制参数来添加结果。



图 4-254 打开二维矩阵线图

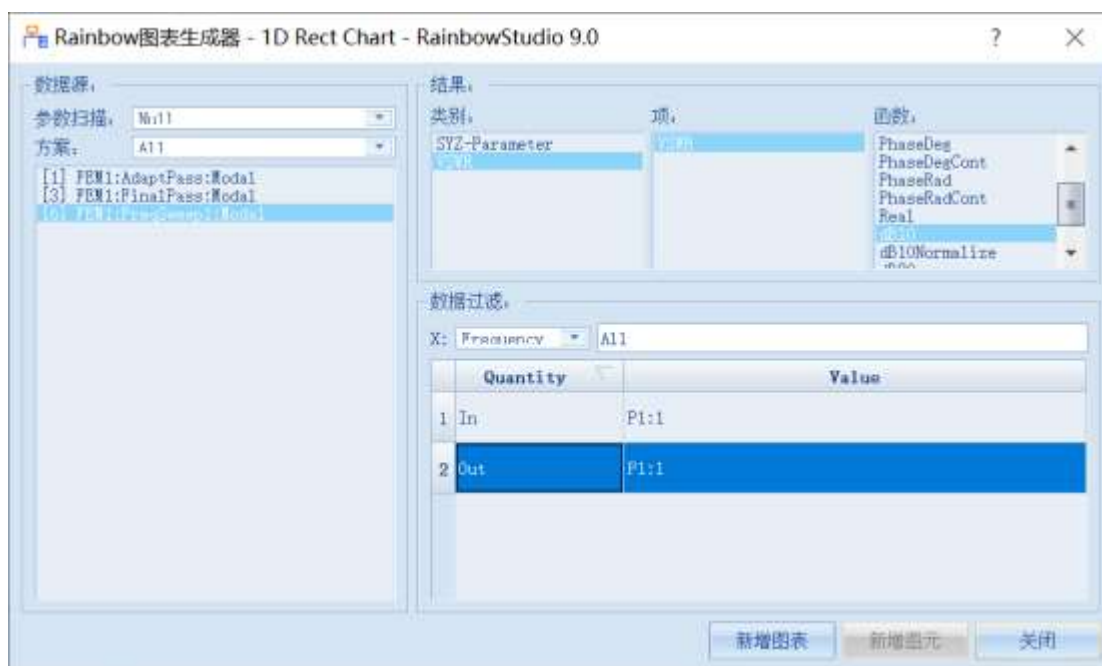


图 4-255 设置二维矩阵线图参数

方案: [6]

类别: VSWR

项: VSWR

函数: dB10

In: P1:1

Out: P1:1

VSWR 参数的结果如图 4-256 所示。

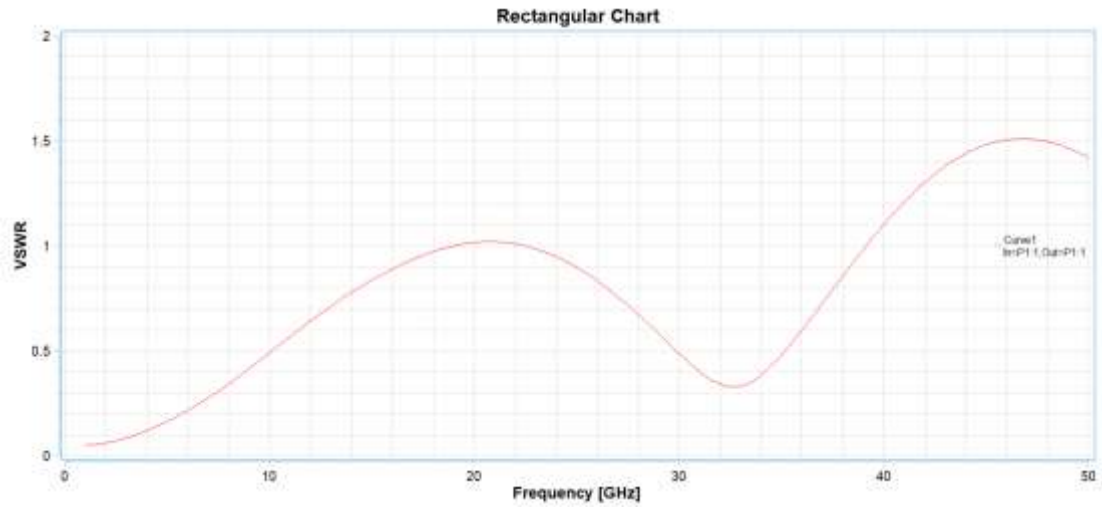


图 4-256 VSWR 参数仿真结果

ANSYS 的仿真结果如图 4-257 所示。

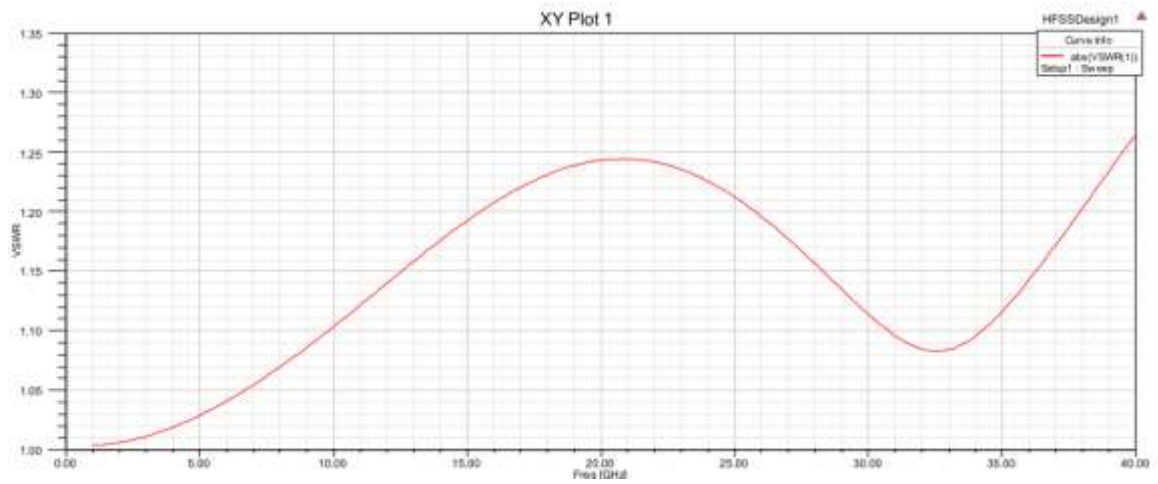


图 4-257 VSWR 参数仿真结果

重新设置参数图表的参数，如图 4-258 所示。

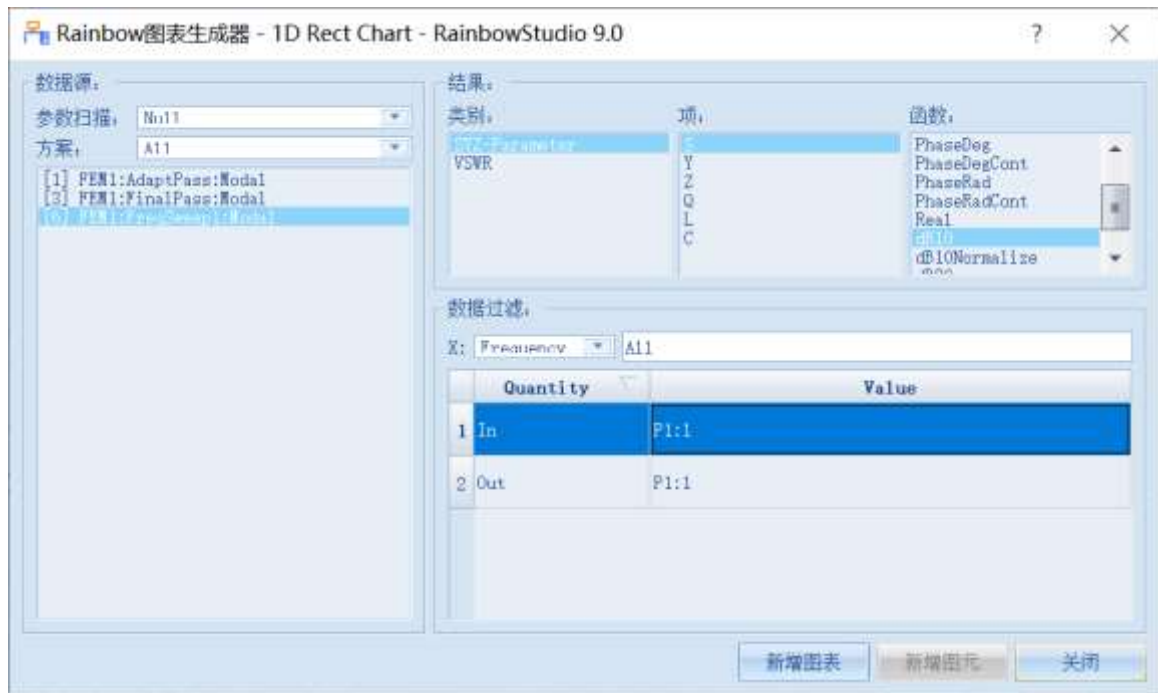


图 4-258 重新设置 S 参数图表的参数

方案: [6]

类别: S

项: S

函数: dB10

In: P1:1

Out: P1:1

点击**新增图表**，查看 S 参数的仿真结果，如图 4-259 所示。

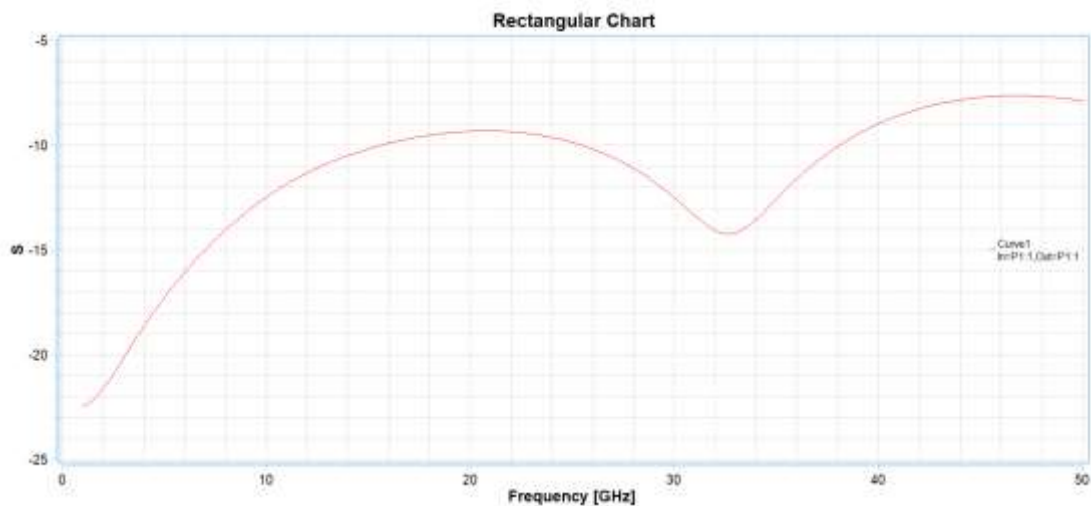


图 4-259 S 参数仿真结果