

## 第三章 BEM 仿真分析实例

### 内容提要：

- 1、矩形波导天线。
- 2、正对单反射抛物面天线。
- 3、偏置单反射抛物面天线。
- 4、正对双反射抛物面天线。
- 5、NASA Almond 仿真实例。
- 6、带馈源的单反射天线。

**目标：**熟悉 Rainbow Studio 软件 BEM3D 模块的建模环境，掌握 BEM3D 模块的建模步骤，熟练设置各种端口、参数，会分析几何模型的近场分布、远场图表。

第三章主要讲述了 BEM3D 模块的应用。

Rainbow-BEM3D 是针对系统的电磁兼容性能、天线设计、载体多天线布局、以及雷达 RCS 等高频电磁辐射、散射问题开发的专业电/磁场分析软件模块。从严格的电磁场积分方程出发，以高阶矩量法结合并行技术为基础，在保持精度的前提下大大提高了计算规模及计算效率，从而非常适合于天线设计、载体上天线布局分析、分析雷达散射截面、电磁兼容等开域的辐射应用领域的各类电磁场问题。Rainbow-BEM3D 采用高阶矩量法(MoM)结合快速多极子(FMM)、自适应交叉(ACA)等世界一流的加速算法技术，可以用来分析电大尺寸目标的电磁散射。本软件模块包含的雷达截面散射(RCS)的快速算法(FastMonoRCS)是目前国际上同类型电磁仿真软件中计算速度最快的技术。同时是目前市场上唯一能够支持金属和介质的混合仿真，并且考虑了仿真对象所处的复杂环境，比如海平面、复杂地形以及飞行器的多层隐身材料等。

Rainbow-BEM3D 仿真流程图如图 3-1 所示。

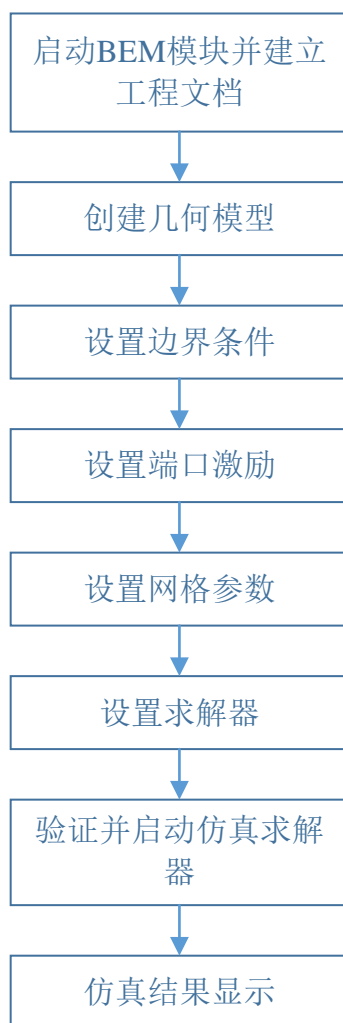


图 3-1 BEM3D 设计流程图

## 3.1 矩形波导天线

### 3.1.1 问题描述

波导是微波传输领域最重要的传输媒介之一，开口的波导可以被称为波导天线。最常见的波导天线是矩形喇叭或者圆形喇叭等，广泛用作馈源及标准测试天线。这个例子是用来展示如何用 BEM3D 模块对如图 3-2 所示的矩形波导天线进行建模和仿真的过程。

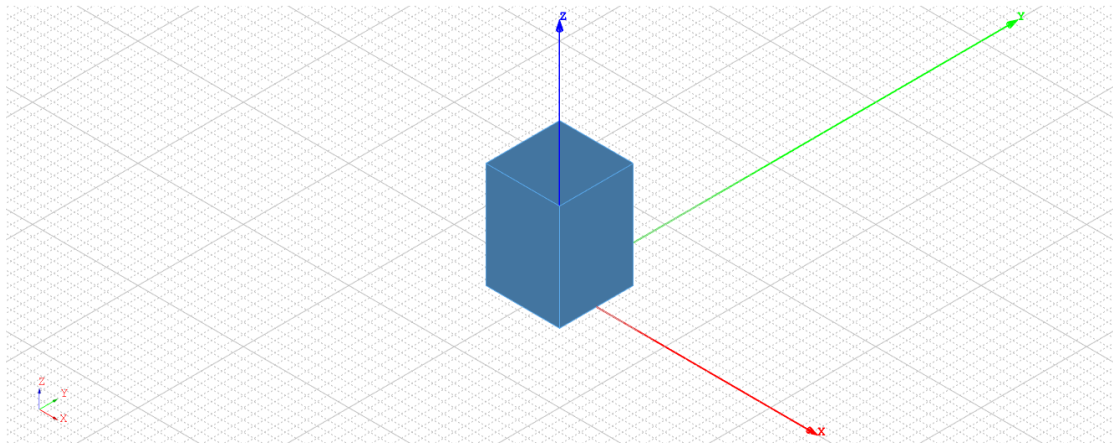


图 3-2 矩形波导天线示意图

### 3.1.2 系统启动

#### 3.1.2.1 从开始菜单启动

点击操作系统菜单 **Start**→**Rainbow Simulation Technologies**→**Rainbow Studio**，在弹出的产品选择对话框中选择产品模块，如图 3-3 所示，启动 Rainbow-BEM3D 模块。

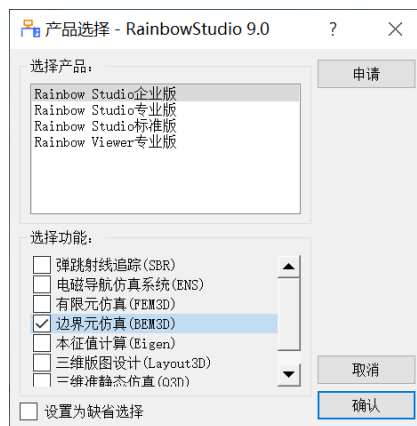


图 3-3 启动 Rainbow Studio 系统 BEM 模块

### 3.1.3 创建文档与设计

如图 3-4 所示选择菜单**文件**→**新建工程**→**Studio 工程与 BEM 模型**来创建新的文档，其包含一个缺省的 BEM 设计。

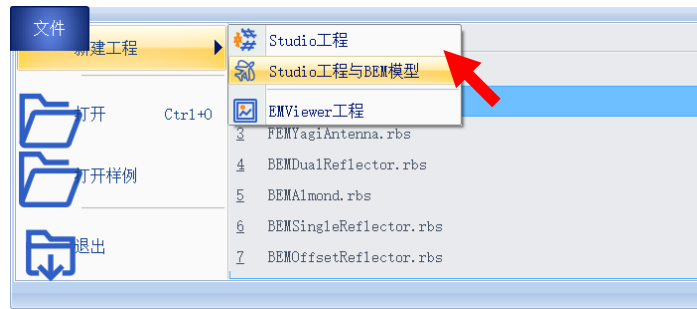


图 3-4 创建 BEM 文档与设计

如图 3-5 所示在左边工程树中选择 **BEM** 设计树节点，选择右击菜单**模型改名**把设计的名称修改为 **Square\_waveguide**，也可以在新建模型的时候直接为设计修改名称。

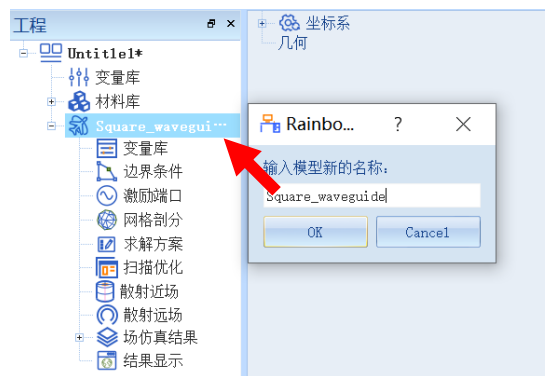


图 3-5 修改设计名称

点击菜单**文件**→**保存**或者 **Ctrl+S** 来保存文档，将文档保存为 **BEMSquare\_waveguide.rbs** 文件。保存后的 **BEMSquare\_waveguide** 工程树如图 3-6 所示。

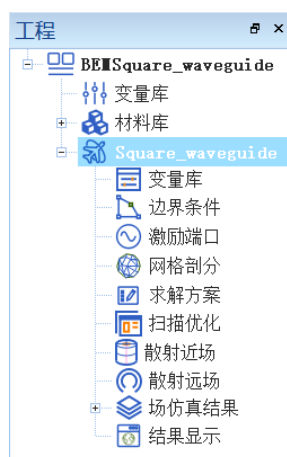


图 3-6 保存文档

### 3.1.4 创建几何模型

用户可以通过**几何**菜单下的各个菜单项来从零开始创建各种三维几何模型，包括坐标系、创建点、各种线、面和体结构。

#### 3.1.4.1 设置模型视图

如图3-7所示点击菜单**设计**→**长度单位**修改设计的长度单位为**毫米(mm)**。如图3-8所示进行设置，点击**确认**关闭窗口并继续，物理单位默认为GHz。

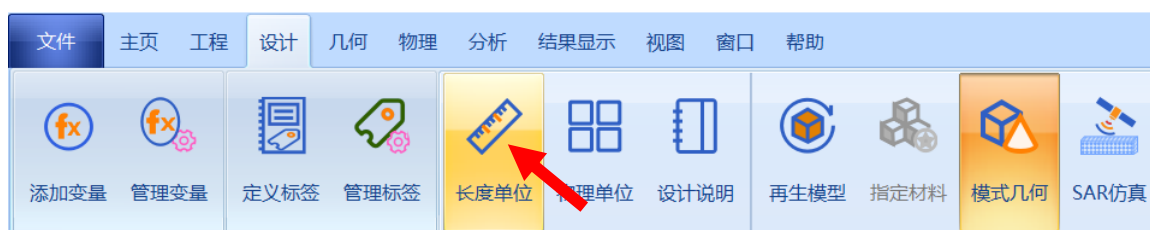


图3-7 设置长度单位

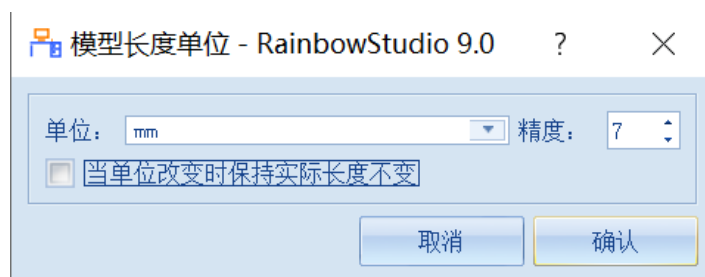


图 3-8 设置模型单位

#### 3.1.4.2 设置变量

点击**工程**→**管理变量**，打开 **Square\_waveguide** 设计的变量设置对话框，如图 3-9 所示。也可以选中**变量库**，在其右键菜单中点击**添加变量**进行变量的添加操作。



图 3-9 设置模型变量

按照表 3-1 所示添加如下的变量到变量库中。

表 3-1 添加变量

变量名	表达式
freq	2.8
sf	0.001
lam	$c0/freq/sf$
wg_a	70
wg_h	100

### 3.1.4.3 创建几何对象

#### (1) 创建长方体

点击菜单几何→长方体创建抛物面如图 3-10 所示，在模型视图窗口中进行如图 3-11 和 3-12 所示操作，用鼠标操作创建长方体。



图 3-10 创建长方体

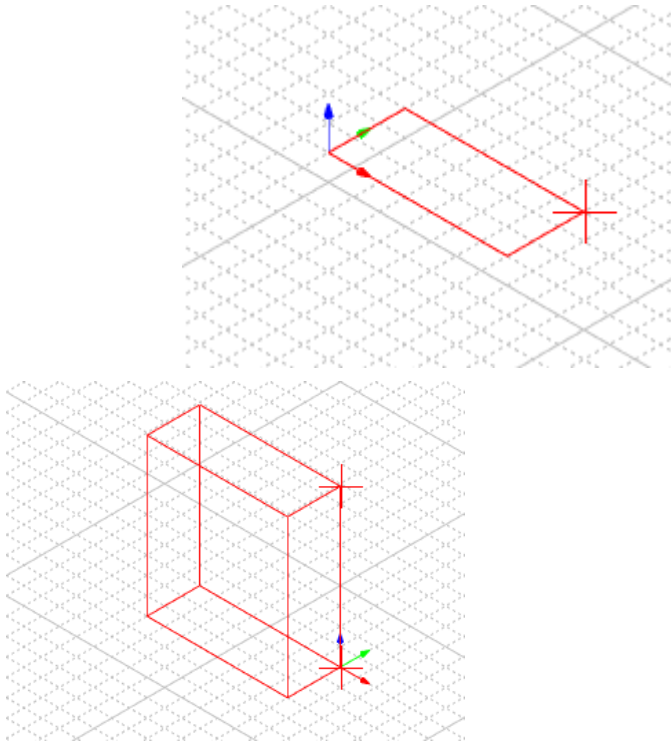


图 3-11 用鼠标拉出长方体底面

图 3-12 用鼠标拉出长

方体高度

在创建新的模型时，可以在任意位置创建，之后再对其参数进行修改。创建新模型后一般会出现一个对象命令(如：**Box1**)，在其下拉菜单中还有一个对象创建命令(如：**CreateBox**)，双击对象命令可以修改几何体的名称、材料、坐标系等参数，双击创建命令则可以修改几何模型的具体位置以及模型的长宽高具体参数。

双击创建好的长方体对象 **Box1**，在如图 3-13 所示的属性窗口中输入新名称 **square\_wg**。

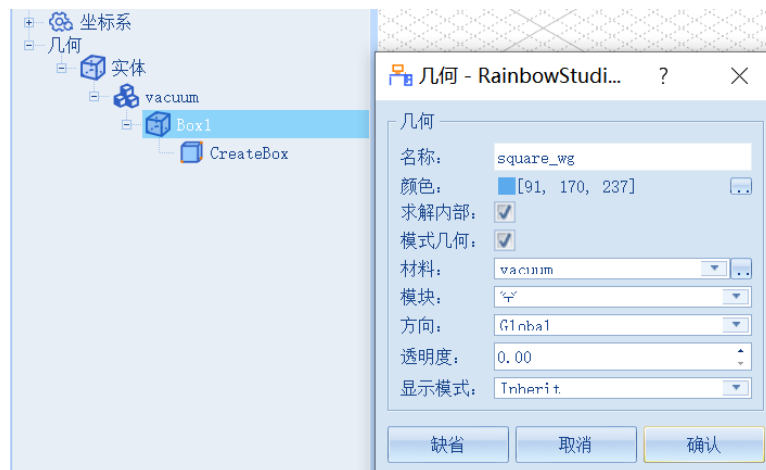


图 3-13 修改抛物面对象名称

双击对象的创建命令 **CreateBox**，在如图 3-14 所示的属性窗口中输入位置、长度、宽度以及高度。



图 3-14 修改长方体的尺寸

#### 位置

**X:**  $-wg\_a/2$

**长度:**  $wg\_a$

**Y:**  $-wg\_a/2$

**宽度:**  $wg\_a$

**Z:**  $0$

**高度:**  $wg\_h$

创建好的长方体如图 3-15 所示。

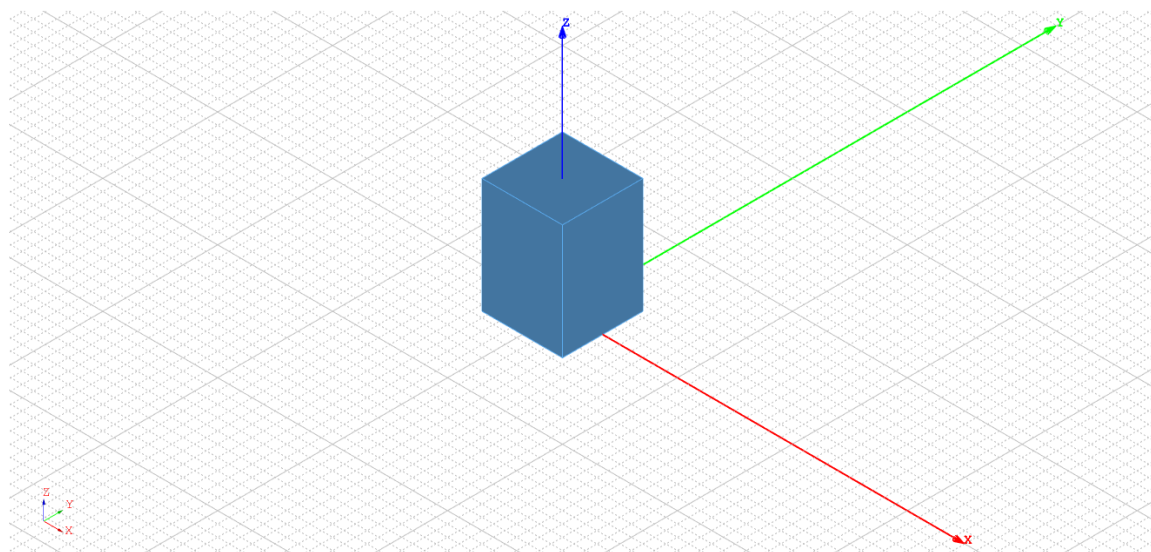


图 3-15 创建好的长方体



## (2) 修改长方体

选择模式可以分为对象(Object)、面(Face)、边(Edge)、点(Vertex)等，当修改选择模式后，再选择几何模型时就会选择对应的几何，如果是面选模式就会选择到面，边选模式就会选择几何的边。当需要对特定的几何部分进行设置时，即可修改选择模式来进行相关设置。

在几何视图界面的下方的选择模式窗口选择**面(Face)**模式，如图 3-16 所示。

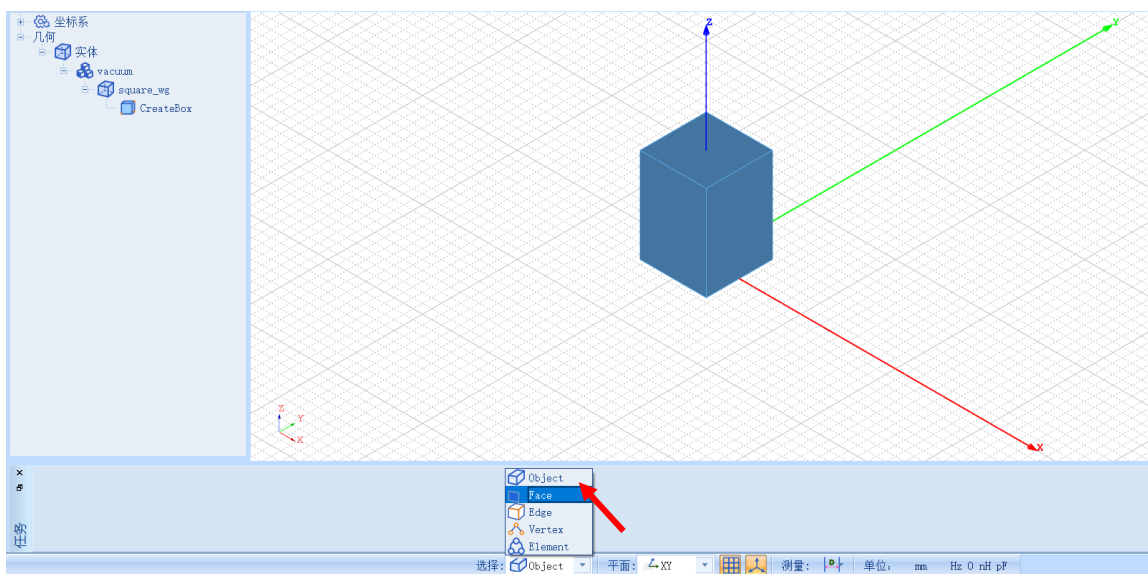


图 3-16 将选择模式修改为面选模式

修改为面选择模式之后，此时可以选择几何体的面，选择创建好的长方体的顶面，然后在右键菜单中进行**几何**→**修补**→**移除面**操作，如图 3-17 所示。

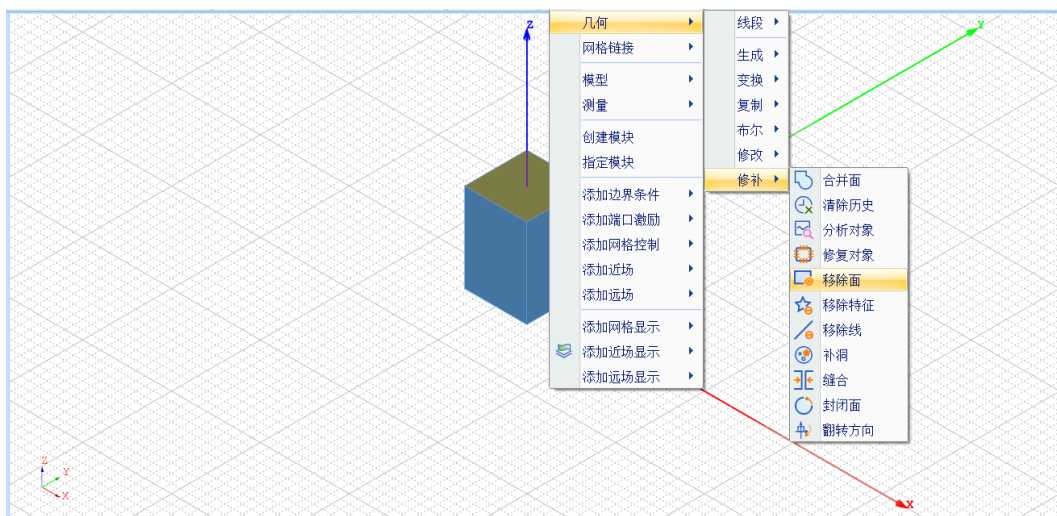


图 3-17 移除顶面

### 3.1.5 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、激励、网格控制参数等。

#### 3.1.5.1 设置边界条件

选择修改完的 Square\_wg 几何模型，在其右键菜单中选择添加边界条件→理想电导体，如图 3-18 所示。

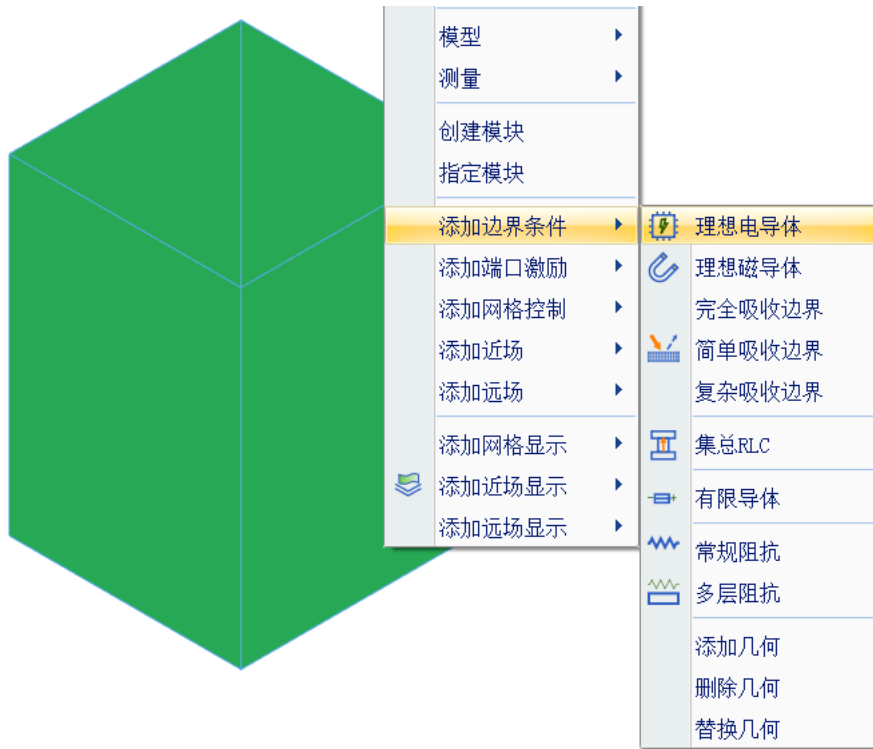


图 3-18 添加理想电导体边界

#### 3.1.5.2 设置长方体底面网格控制参数

选择长方体的底面，为其修改底面网格尺寸，可以在视图中将选择模式修改为旋转模式，或者使用 Alt+鼠标左键的方式旋转几何体，如图 3-18 所示。



图 3-18 修改为旋转模式

将视图旋转到几何体的底部，选中长方体的底面，进行添加网格控制→面操作，如图 3-19 所示，为底面设置网格尺寸。

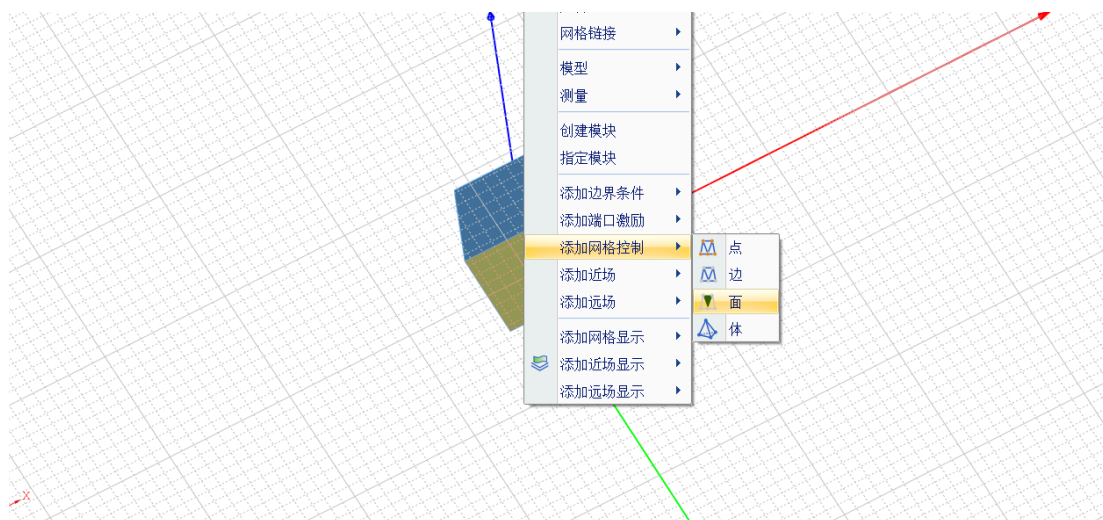


图 3-19 为底面设置网格大小

在弹出的修改几何面网格长度控制对话框中对网格进行如图 3-20 所示的设置。

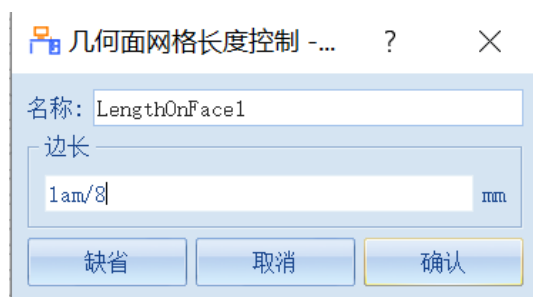


图 3-20 修改几何面网格长度

### 3.1.5.3 添加端口激励

创建几何模型后，用户可以为几何模型设置各种端口激励方式和参数。在工程管理树中，Rainbow 系列软件把这些新增的端口激励添加到工程树的**激励端口**目录下。

选择长方体的底面，在其右键菜单中选择**添加端口激励**→**矩形波端口**操作，如图 3-21 所示。

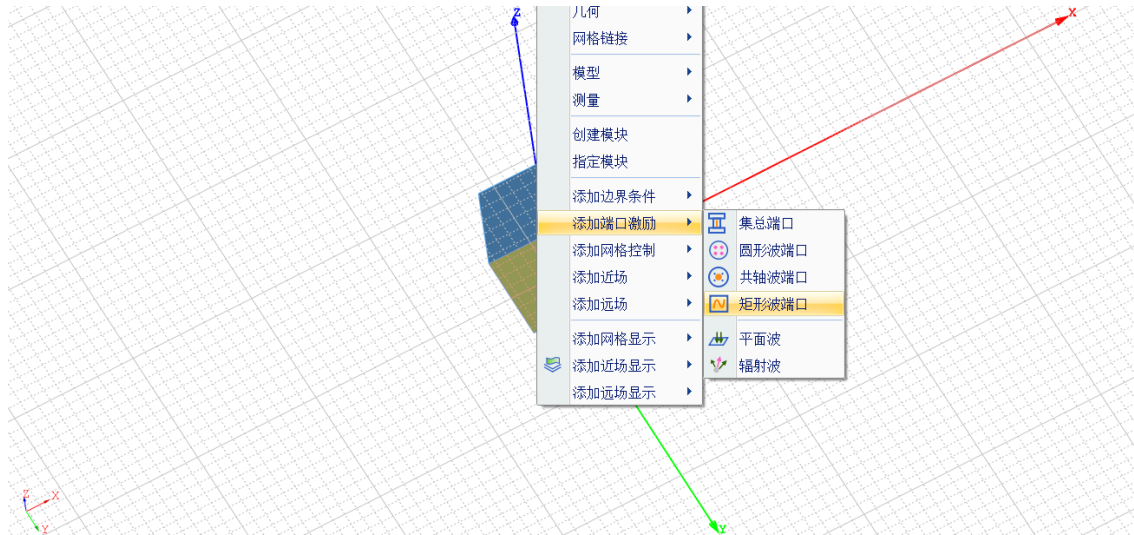


图 3-21 为长方体底面添加矩形波端口

在激励端口目录下可以找到刚创建的矩形波端口 P1，双击 P1 可以对 P1 的参数进行修改，如图 3-22 所示。在矩形波端口设置对话框中，双击 m、n 可以修改 m 和 n 的值，并按照图 3-22 所示，将 m 修改为 0，n 修改为 1。



图 3-22 修改矩形波端口参数

修改完成后点击**确认**按钮确认操作。

在工程树中选择端口激励，在其右键菜单中选择**场域强度**，如图 3-23 所示。

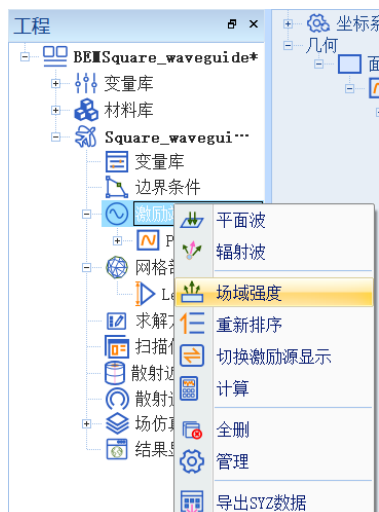


图 3-23 打开场域强度对话框

在修改场域强度对话框中可以修改添加的端口激励的幅度和相位，将端口激励的相位修改为 90，如图 3-24 所示。

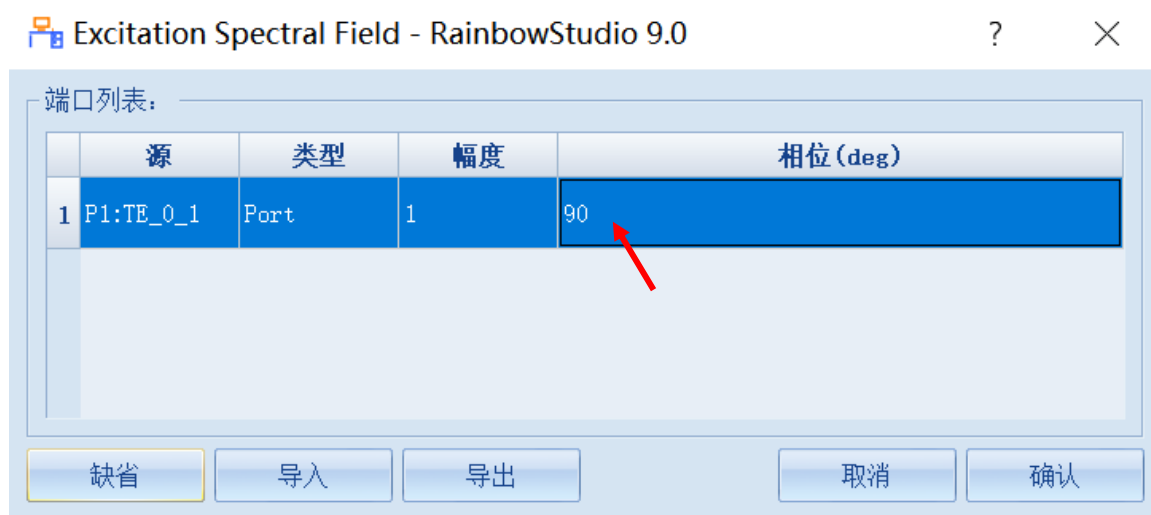


图 3-24 修改激励源相位

修改完成后点击**确认**按钮。

#### 3.1.5.4 设置网格参数

几何模型创建好后，用户需要为几何模型和模型中的某些关键结构设置各种全局和局部网格剖分控制参数。在工程管理树中，Rainbow 系列软件把这些新增的结果显示添加到设计的**网格部分**目录下。选择菜单**网格部分**→**初始网格**设置如图 3-25 所示的初始网格控制参数。



图 3-25 修改初始网格参数

**网格大小模式：Custom**

**平均：1mm/15**

其余保持默认设置，完成设置后点击**确认**完成设置。

### 3.1.6 仿真求解

#### 3.1.6.1 设置求解方案

下一步，用户需要设置为模型分析设置求解器所需要的仿真频率及其选项，以及可能的频率扫描范围。选择菜单**分析**→**添加求解方案**，如图 3-26 所示。

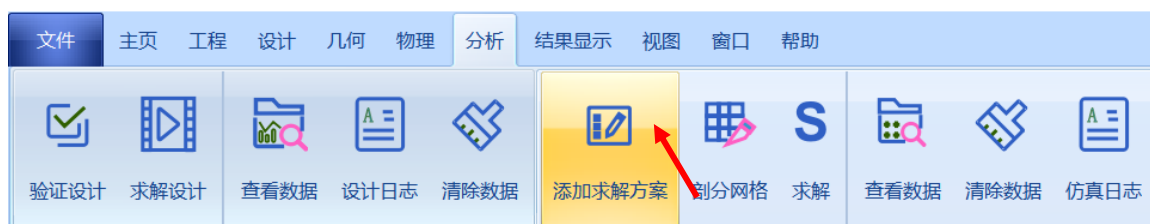


图 3-26 添加求解方案操作

求解器的设置中如图 3-27 和图 3-28 设置。

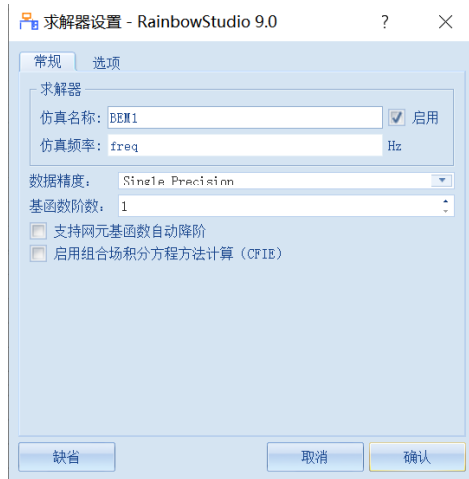


图 3-27 设置求解器 1

**仿真频率: freq**

**数据精度: Single Precision**

**基函数阶数: 1**

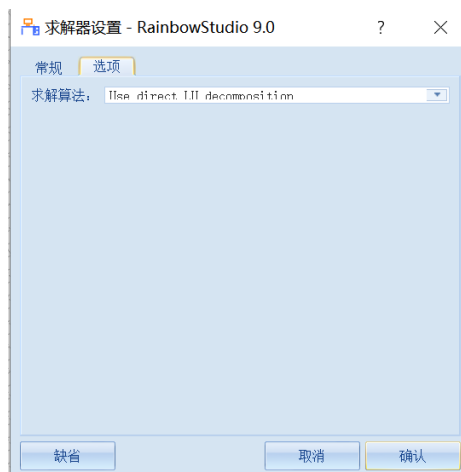


图 3-28 设置求解器 2

**求解方法: Use direct LU decomposition**

在工程树的**求解方案**中选择新加的**求解方案 1**，单击右击菜单**扫频方案**→  
**添加扫频方案**如图 3-29 所示，并按照图 3-30 所示设置仿真求解扫频方案。

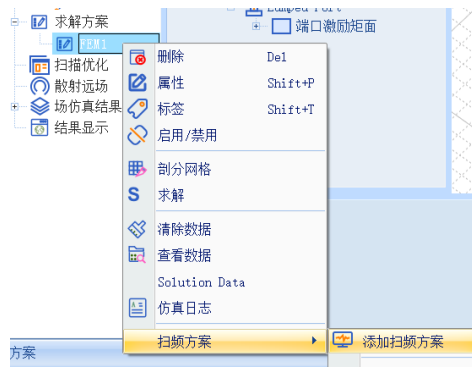


图 3-29 添加仿真求解扫频方案



图 3-30 设置扫频方案

**扫描类型: Interpolating**

**起始: 2.8**

**终止: 8.4**

**数目: 401**

### 3.1.6.2 求解

完成上述任务后，用户可以选择菜单**分析**→**验证设计**，如图 3-31 所示验证模型设置是否完整。



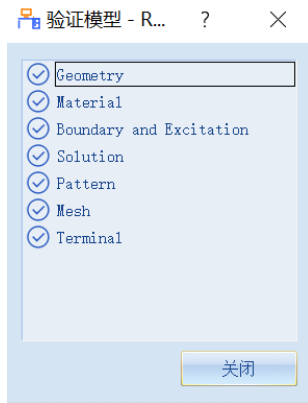


图 3-31 验证仿真模型有效性

下一步，选择菜单**分析→求解设计**启动仿真求解器分析模型。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 3-32 所示。

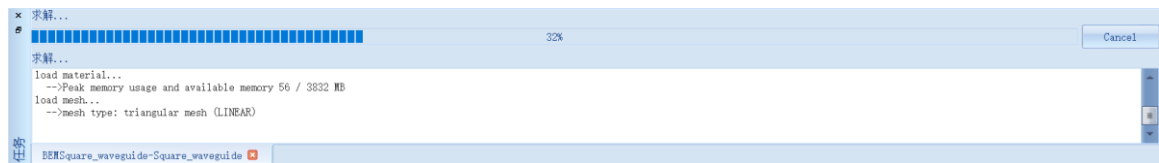


图 3-32 任务求解进度

### 3.1.7 结果显示

#### 3.1.7.1 添加球场

选择工程管理树的**散射远场**节点，选择右击菜单中的**球面**，如图 3-33 所示，并在如图 3-34 所示的对话框中输入如下控制参数来添加模型的远场观察球。

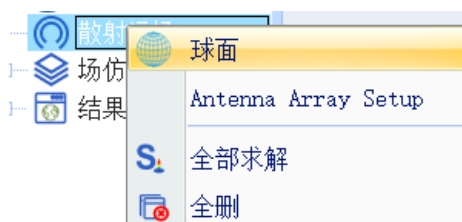


图 3-33 添加球面



图 3-34 打开球面设置

### Phi

起点: -90 deg

终点: 90 deg

步幅: 1

### Theta

起点: -180 deg

终点: 180 deg

步幅: 2

设置完远场观察球后，可以如图 3-35 所示选择新增远场观察球的右击菜单计算来启动求解器后场计算。

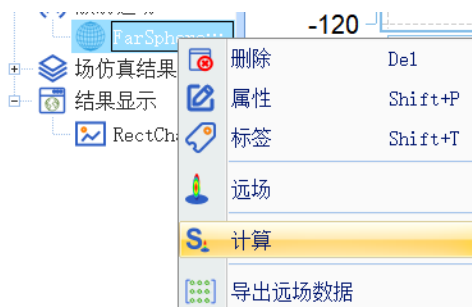


图 3-35 计算球场

#### 3.1.7.2 二维矩阵线图

求解结束后，在工程树中选择结果显示，在其右键菜单中选择远场图表→**2 维矩阵线图**，打开远场图表，如图 3-36 所示。

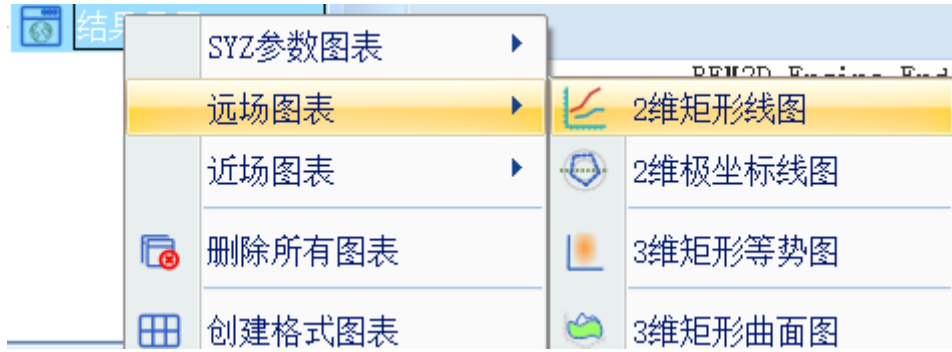


图 3-36 打开二维矩阵线图

按照图 3-37 所示设置图表的参数。

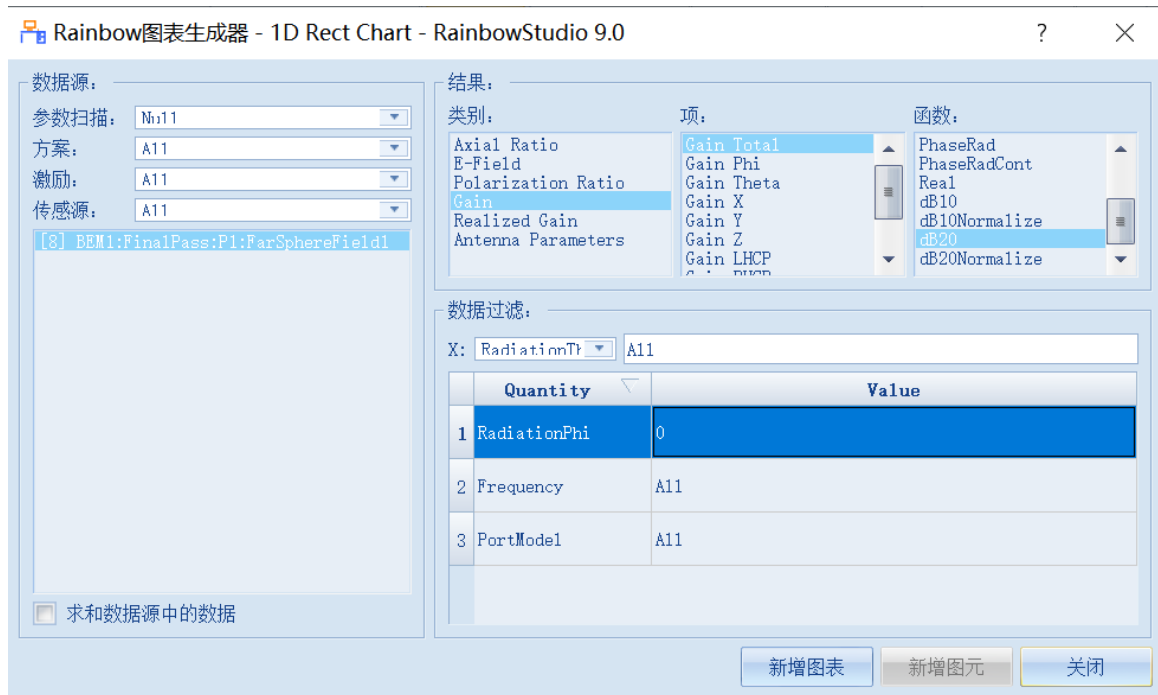


图 3-37 设置图表参数

**类别：Gain**

**项：Gain Total**

**函数：dB20**

**RadiationPhi：**

**0**

点击**新增图表**可以查看设置结果，如图 3-38 所示。

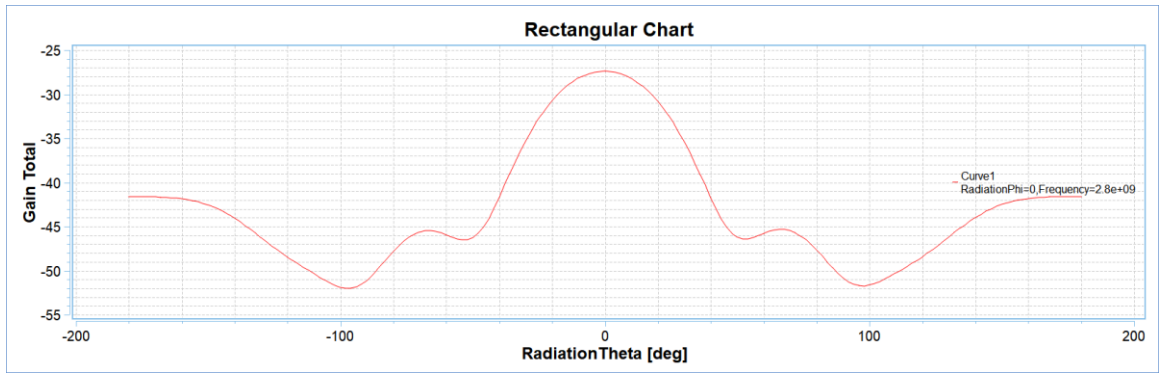


图 3-38 2 维矩阵线图结果( $\Phi=0$ )