

3.5 RCS 仿真实例 —— NASA Almond

3.5.1 问题描述

这个例子是用来显示如何应用BEM进行单站RCS仿真过程，Almond的具体描述可参考文献： Alex C. Woo, Helen T. G. Wang, Michael J. Schuh, and Michael L. Sanders, “Benchmark Radar Targets for the Validation of Computational Electromagnetic Programs,” IEEE Antennas and Propagation Magazine Vol. 35, No. 1 February 1993。

NASA Almond 模型实例如图 3-171 所示。

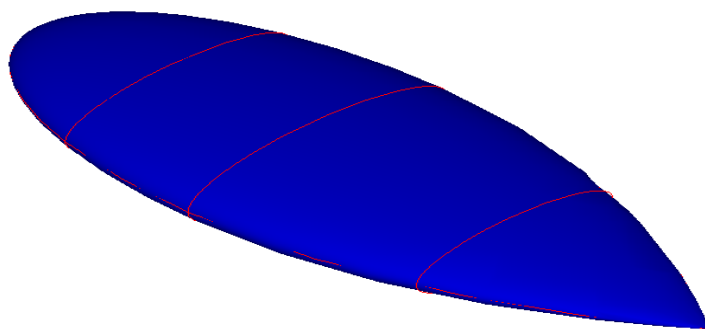


图 3-171 NASA Almond 模型实例

BEM 结合快速多极子以及快速 RCS 算法来计算如图 3-186 所示的 **Almond** 的单站 RCS。**Almond** 模型的解析方程如下所示。

$$\text{for } -0.41667 < t < 0 \text{ and } -\pi < \varphi < \pi \quad (3-1)$$

$$x = dt \text{ inches}$$

$$(3-2)$$

$$y = 0.193333d \sqrt{1 - \left(\frac{t}{0.416667}\right)^2 \cos\varphi} \quad (3-3)$$

$$z = 0.064444d \sqrt{1 - \left(\frac{t}{0.416667}\right)^2 \sin\varphi} \quad (3-4)$$

$$\text{for } 0 < t < 0.58333 \text{ and } -\pi < \varphi < \pi \quad (3-5)$$

$$x = dt \text{ inches}$$

$$(3-6)$$

$$y = 4.83345d \left[\sqrt{1 - \left(\frac{t}{2.08335}\right)^2} - 0.96 \right] \cos\varphi \quad (3-7)$$

$$z = 1.61115d \left[\sqrt{1 - \left(\frac{t}{2.08335}\right)^2} - 0.96 \right] \sin\varphi \quad (3-8)$$

当 $d=9.936$ inches 时，Almond 的总长度为 9.936inches。

3.5.2 系统启动

3.5.2.1 从开始菜单启动

点击操作系统菜单 **Start→Rainbow Simulation Technologes→Rainbow Studio**，在弹出的产品选择中选择模块，如图 3-172 所示，启动 Rainbow Studio 系统 BEM 模块。

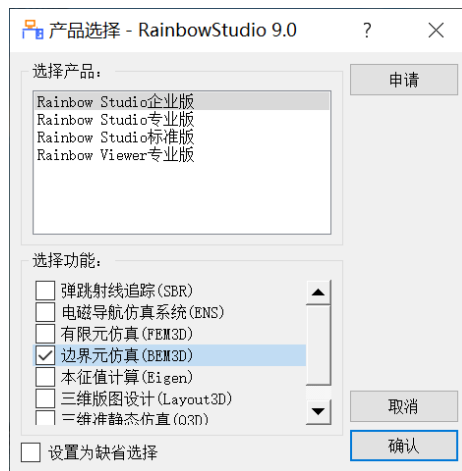


图 3-172 启动 Rainbow Studio 系统 BEM 模块

3.5.3 创建文档与设计

如图 3-173 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 的设计。



图 3-173 创建 BEM 文档与设计

如图3-174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**Almond**。

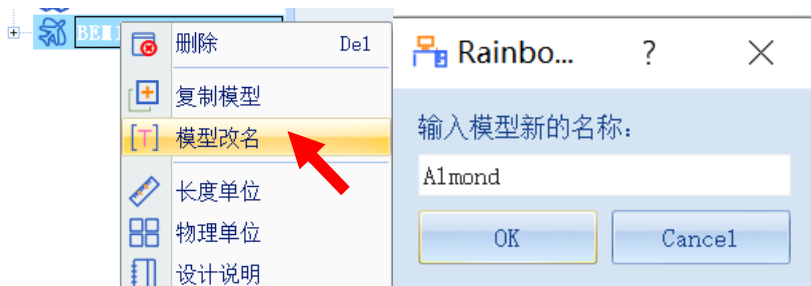


图3-174 修改设计名称

点击菜单**文件**→**保存**或者 **Ctrl+S** 来保存文档，将文档保存为 **BEMAlmond.rbs** 文件。保存后的 Almond 工程树如图 3-175 所示。

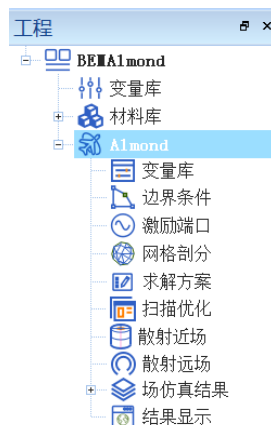


图 3-175 保存文档

3.5.4 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。

3.5.4.1 设置模型视图

如图3-176所示点击菜单**设计**→**长度单位**修改设计的长度单位。如图3-177所示将单位修改为**英寸(in)**，点击**确认**关闭窗口，并继续从物理单位菜单进入对话框修改频率单位为**Hz**，如图3-178所示。



图3-176 修改长度单位

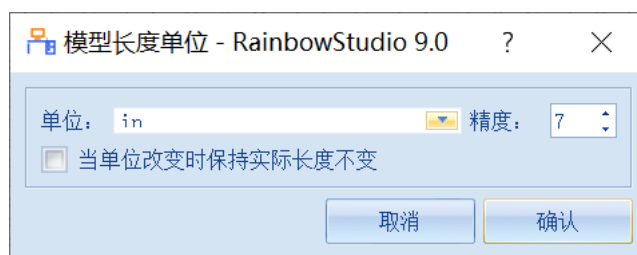


图3-177 设置模型单位

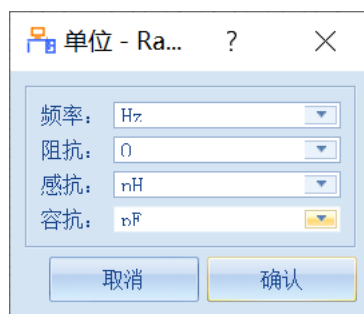


图 3-178 切换频率单位

3.5.4.2 设置变量

点击菜单**设计**→**管理变量**，打开 **Almond** 设计的变量设置对话框，如图 3-179 所示依次创建如下变量，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。

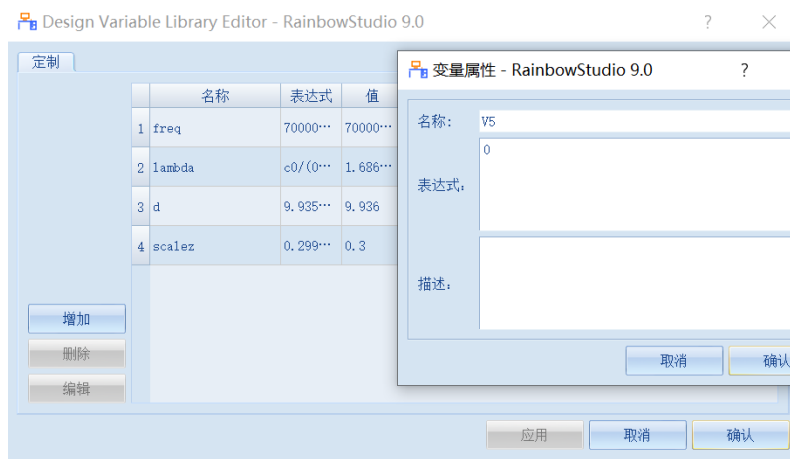


图 3-179 设置模型变量

变量 1

变量名: freq

表达式: 7E9

变量 3

变量名: d

表达式: 9.936

变量 2

变量名: lambda

表达式: c0/(0.0254 * freq)

变量 4

变量名: scalez

表达式: 0.3

3.5.4.3 创建几何对象

(1) 创建曲线

点击菜单**几何**→**解析**创建方程曲线如图 3-180 所示, 可在如图 3-181 所示

对话框中输入如下的曲线控制方程。



图 3-180 创建一维解析曲线



图 3-181 创建方程曲线 1

T0: -0.41667

T1: 0

X(t): d*t

Y(t): 0.193333*d*sqrt(1-t*t/(0.41667*0.41667))

Z(t): 0

再次点击菜单几何→解析创建方程曲线，并在方程曲线控制对话框中输入如下的曲线控制方程，如图 3-182 所示。

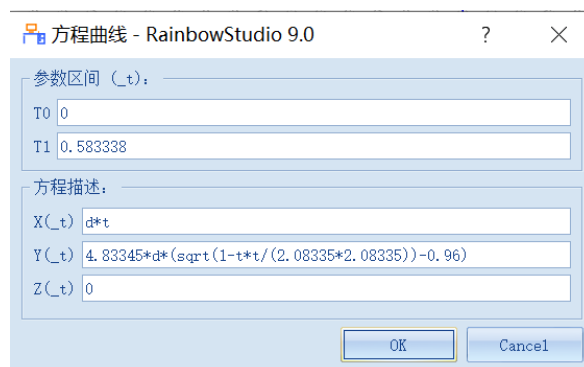


图 3-182 创建方程曲线 2

T0: 0

T1: 0.583338

X(t): d*t

Y(t): 4.83345*d*(sqrt(1-t*t/(2.08335*2.08335))-0.96)

Z(t): 0

(2) 合并曲线

接下来需要合并所创建的两根方程曲线以准备接下来的选择操作。如图 3-183 所示在几何树中用鼠标选择所创建的两个方程曲线 **EquationCurve1** 和 **EquationCurve2**，选择菜单**几何**→**布尔**→**合并**来执行合并操作。

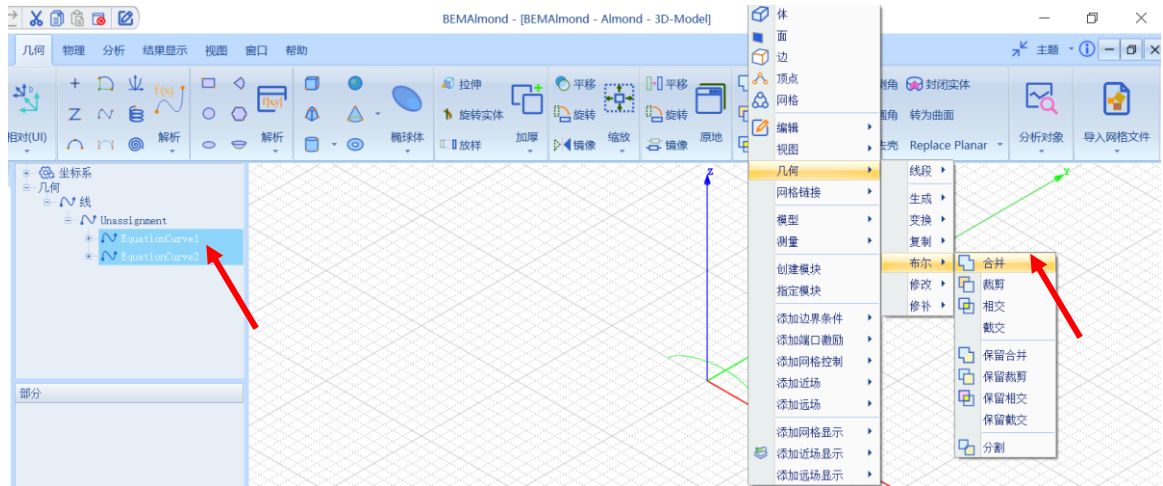


图 3-183 合并方程曲线

用户可以在模型视图中滚动鼠标滚轮来放大/缩小模型视图。融合后的两根方程曲线经放大后如图 3-184 所示。

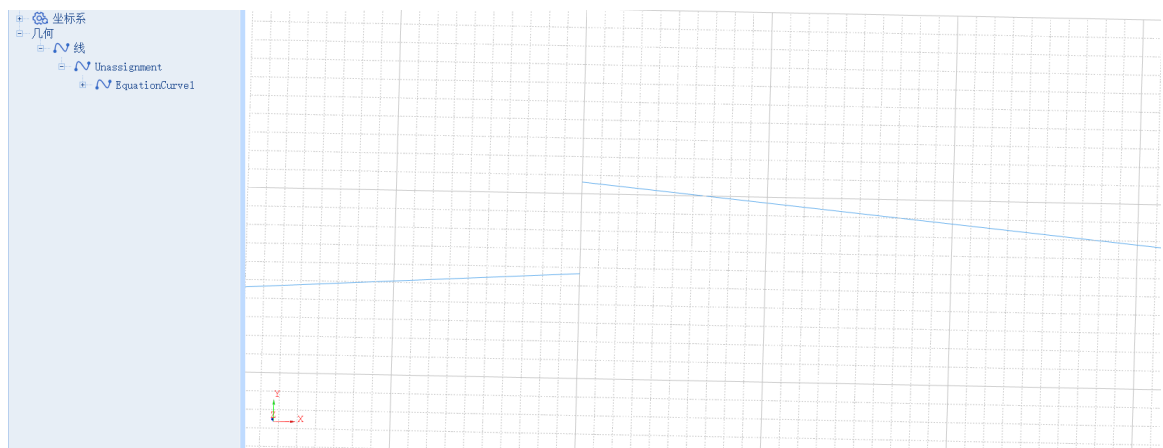


图 3-184 融合后的方程曲线

(3) 修补方程曲线

由于计算精度误差，这两根方程曲线在端点并没有融合很好，需要修补。

合并后的曲线会被命名为 **EquationCurve1**，点击+号，在其下拉菜单中找到融

合命令 **BooleanFuse**，融合后的曲线属性显示在如图 3-185 所示的属性窗口中，修改其中的模糊容差为 **0.0001**。

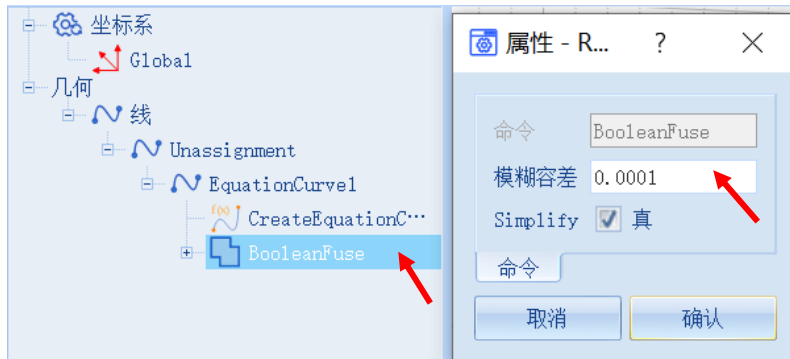


图 3-185 修改模糊容差

执行这个修补操作后，曲线能够自动的修补空隙。

(4) 创建几何旋转对象

在几何树中选择融合后的曲线 **EquationCurve1**，选择菜单**几何**→**旋转实体**，如图 3-186 所示，并在如图 3-187 所示的控制对话框中输入如下选择控制参数。

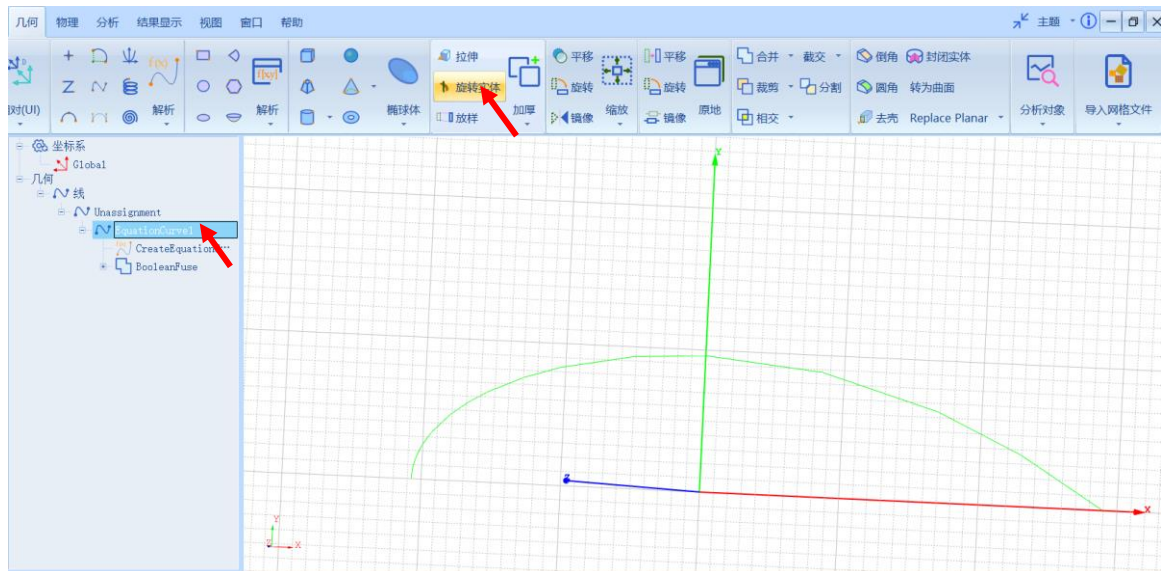


图 3-186 进行旋转实体操作

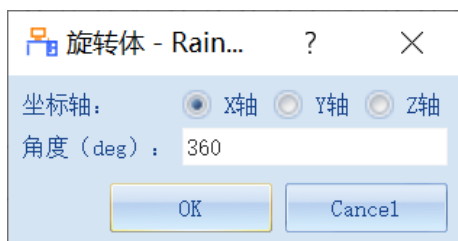


图 3-187 旋转实体操作设置

坐标轴： X 轴

角度(deg)： 360

选择命令执行完成后的旋转几何对象如图 3-188 所示。

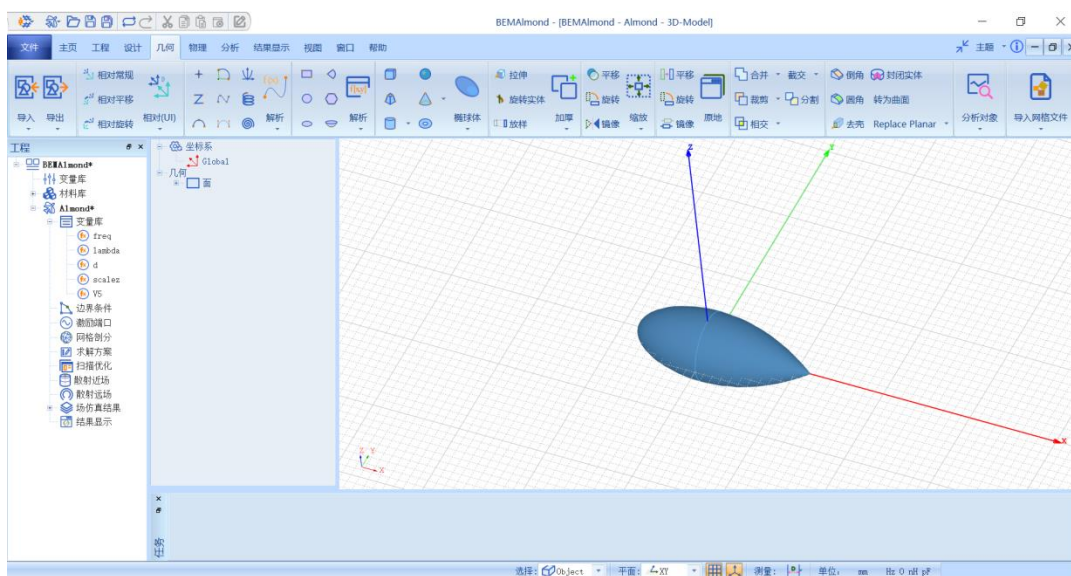


图 3-188 几何旋转对象

(5) 几何变形操作——扁平化

接下来通过几何变形操作把所生成的旋转几何对象沿 z 方向扁平化。在几何树中选择旋转对象 EquationCurve1，选择菜单几何→变换→各向异性缩放，如图 3-189 所示，并在如图 3-190 所示的控制对话框中输入如下控制参数。

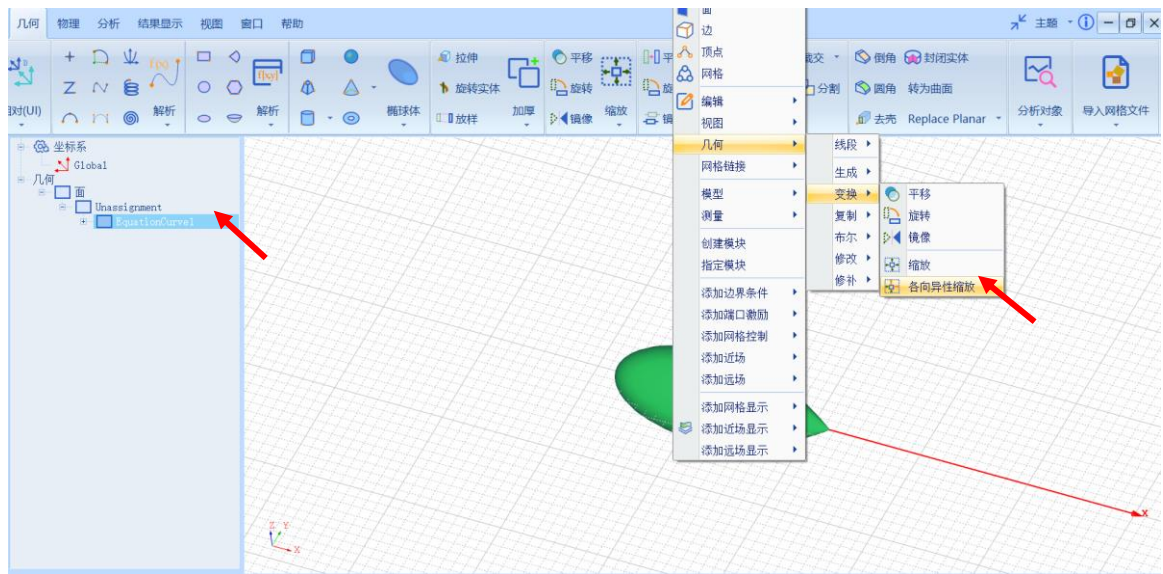


图 3-189 进行各向异性缩放操作

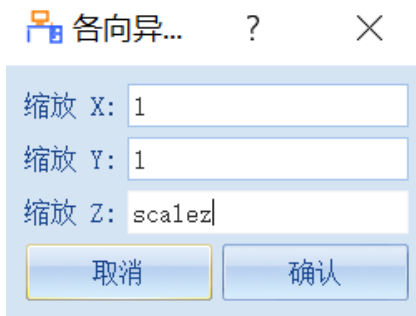


图 3-190 几何变形操作控制参数

Scale X: 1

Scale Y: 1

Scale

Z: scalez

扁平化后的旋转几何对象如图 3-191 所示。

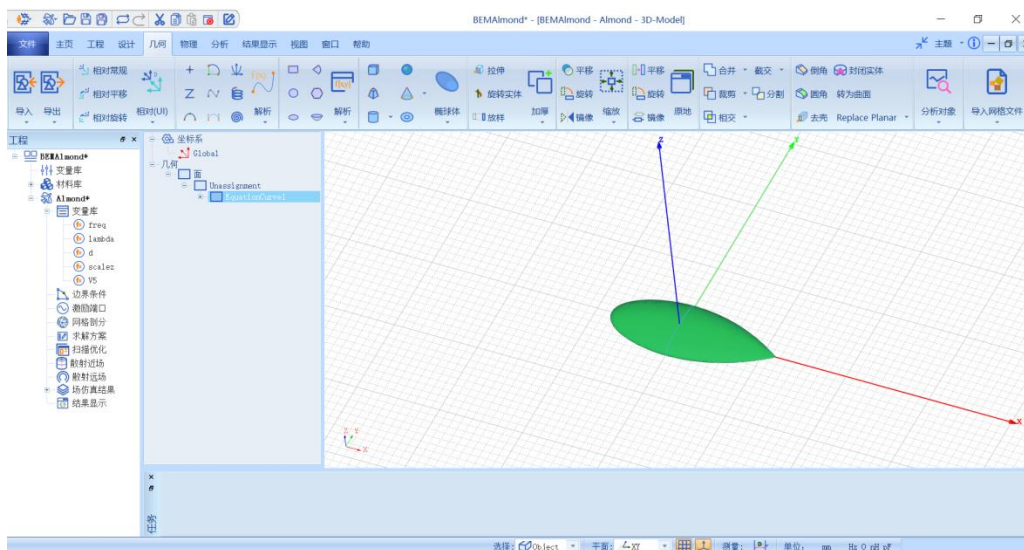


图 3-191 扁平化后的几何对象

(6) 变面为体

上述生成的扁平化旋转几何对象实际上依然是一个几何面结构，需要把它变为一个包含 PEC 材料的几何体结构。在几何树中选择扁平化旋转对象 **EquationCurve1**，选择菜单几何→封闭实体，将其变为一个实体结构，如图 3-192 所示。

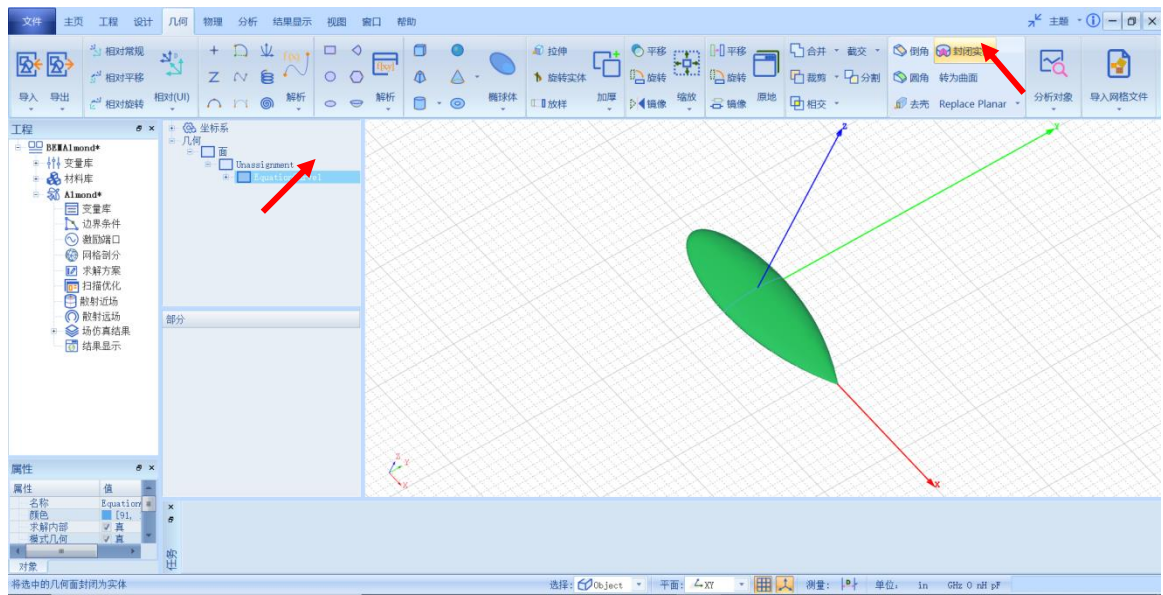


图 3-192 变面为体

(7) 设置几何属性

接下来，设置 Almond 几何体结构的名称、材料等属性。在几何树中选择几何体结构 **EquationCurve1**，该几何对象的属性显示在如图 3-193 所示的属性窗口中。修改其中的材料参数为 **pec**，修改几何对象名称为 **Almond**。

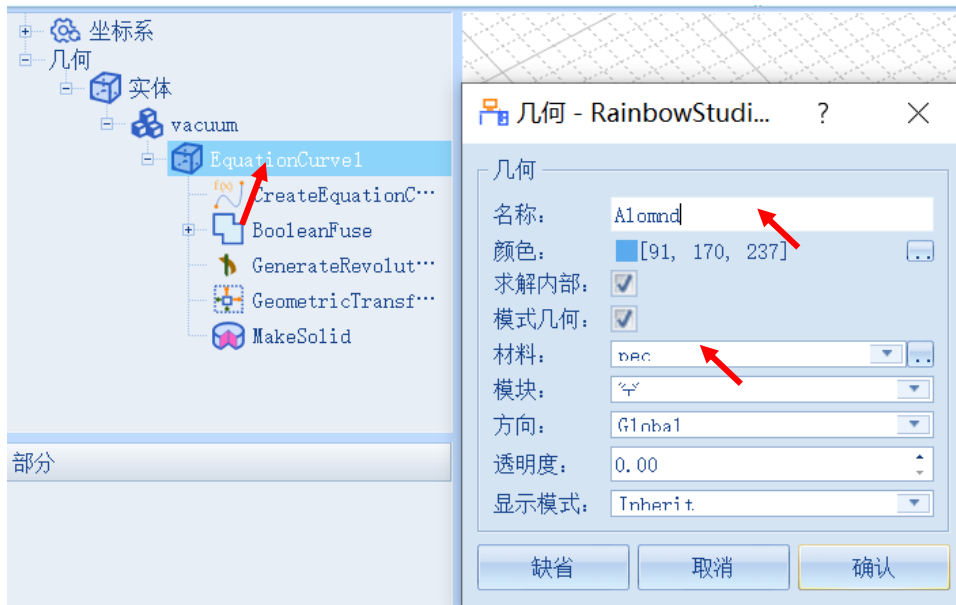


图 3-193 设置几何材料属性