第七章 ENS 仿真实例

内容提要:

- 1、创建文档与设计。
- 2、创建几何模型。
- 3、仿真模型设置。
- 4、求解设计。
- 5、查看仿真结果。

目标:熟悉 Rainbow-ENS 模块的建模环境,掌握 Rainbow-ENS 模块的建模及 求解流程,掌握添加导航方案的方法,可以使用 Rainbow-ENS 图表分析仿真结果。

第七章主要讲述了 Rainbow-ENS 模块的应用。

ENS 模块是基于第六章讲述的 Rainbow-SBR 模块根据特殊应用场景衍生出的 针对机场电磁导航、机场建设和飞机飞行校准的应用模块。通过 Rainbow-ENS 模 块的使用,用户可以有效制订机场规划方案(如周边环境设施的建设、天线位置的 摆放等)和对飞机的飞行状态进行预测与分析。Rainbow-ENS 模块可应用在飞机 导航系统和机场环境分析的教学与工程实现中。Rainbow-ENS 模块的设计流程图 如图 7-1 所示。



图 7-1 Rainbow-ENS 设计流程图

7.1 ENS 仿真实例——Antenna

7.1.1 问题描述

本例所要分析的器件如图 7-2 所示,通过查看 ENS 图表,我们将介绍 Rainbow-ENS 模块的具体仿真流程,包括建模、求解、后处理等。

♦ ★ DBB Ø Ø	ENSAntenna - [ENSAntenna - 3D-Model]								-	0	×					
文件 主页 工程 设计	几何物理分析结果显然	示 视图 窗口	帮助											א ^ע ±	10 · 10	- ø ×
20日本 10日本 10日本 10日本 10日本 10日本 10日本 10日本 1	人 全局坐核系	() () () () () () () () () ()	全局显示 缩放对象	 ① 线框 ● 阴影 ⑦ 面+边 	X轴: Y轴: Z轴:		 节点标签 Q 查找节点 Q 查找单元 	 ★ 法 ★ 平移 	⁶ 次 全局缩放 ☐ 按窗口缩放	透视	(1) 立面	● 左面 (● 前面 (● 页面)	了右面 為后面 。底面			
日本	+ @ 全好系 + 几何															
					ALT. LOO	alact		7.01	123	· · · ·	44.001		na o na pr			

图 7-2 Antenna 模型

7.1.1.1 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 7-3 所示,启动 Rainbow-ENS 模块。

♣ 产品选择 - RainbowStudio 9.0	?	×
选择产品: Rainbow Studio企业版 Rainbow Studio壳业版 Rainbow Viewer专业版	ŧ	间请
送择功能: ③ 弾跳射线追踪(SBR) ● 电磁导航仿真系统(ENS) □ 有限元仿真(FEN3D) □ 边界元仿真(FEN3D) □ 边界元仿真(FEN3D) □ 本征值计算(Eigen) 三维旅图设计(Layout3D) □ =维/#軸态:/rig (O3D) ■ 设置为缺省选择	Щ Т Т	Q消 新认

图 7-3 启动 Rainbow-ENS 模块

7.1.1.2 创建文档与设计

如图 7-4 所示选择菜单 文件→新建工程→Studio 工程与 ENS 模型 来创建新的 文档,其中包含一个缺省的 ENS 的设计。

→ <i>1</i> +		
	▶ ‡	Studio工程
	*	Studio工程与ENS模型
UT开 Ctrl+	0 🗵	EMViewer工程 同轴谐振器.rbs
1777年祥何	4	Coaxialresonator.rbs
	<u>5</u>	Cavity.rbs
	<u>6</u>	Dipole.rbs
	7	ENSAntenna.rbs

图 7-4 Antenna 模型

如图7-5所示在左边工程树中选择ENS设计树节点,选择右击菜单**模型改名**把设计的名称修改为Antenna。

* ENS1*	8	删除	De1	🏪 Rainbo	?	\times
	. 	复制模型 <mark>模型</mark> 改名		输入模型新的名称。		
<	ø	长度单文		Antenna		
E		物理单位 设计说明		OK	Ca	ancel

图 7-5 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 ENSAntenna.rbs 文件。保存后的工程树如图 7-6 所示。



图 7-6 保存文档

7.1.2 创建文档与设计

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

7.1.2.1 设置模型视图

如图7-7所示点击菜单设计**→长度单位**,在图7-8所示的模型长度单位修改对话 框中修改长度单位为**米(m)**。点击确认关闭窗口并继续。

文件	主页 工種	呈 设计	几何 物理	9 分析	结果显示	视图 窗口	帮助		
			$\langle \rangle$						
添加安量	: 官埋殳量	定义标签	官埋标签	长度甲位	初埋甲位	设计说明	冉玍模型		
	图 7-7 修改长度单位								
		🎦 模型长度	单位 - Rainbow	/Studio 9.0	? ×				
		单位: m	变时保持实际长度	■ ₹不变	精度: 7 🛟				
				取消	确认				

图 7-8 设置模型单位

7.1.3 创建几何模型

7.1.3.1 创建长方形

点击菜单**几何→长方形**创建长方形几何对象,如图 7-9 所示,在模型视图任意 位置单击开始创建长方形,再次单击完成创建,如图 7-10 所示。



图 7-9 创建长方形



图 7-10 绘制长方形

选择对象的创建命令 CreateRectangle,用户可以在如图 7-11 所示的属性窗口 中修改如下的命令属性参数。



图 7-11 修改长方形属性参数

X:	-2200	坐标轴:Z
Y:	-22.5	长度: 2800

Z:0 宽度:45

创建好的长方形对象如图 7-12 所示。



图 7-12 创建好的几何对象

7.1.3.2 创建相对坐标系

点击菜单**几何→相对**,如图 7-13 所示,打开局部坐标系修改对话框,并在图 7-14 所示的对话框中修改局部坐标系参数。

文件 主頭	页工程设	计 几何	物理 分析	结果显			
及き 及う 事入 导出	シュ 相对常规 シュ 相对平移 ジュ 相对平移 ジュ 相対旋转	メ 相对(UI)	+ D z ~ n n	业 _{f(x)} 管·			
图 7-13 打开相对坐标系							
🎦 局部4	些标系 - Rainb	owStudio	9 ?	×			
┌位置──							
X轴: 0.	0						
Y轴: 0.	0						
Z轴: 0.	0						
」 ┌─方向 ——							
笛卡尔	角度 欧拉角	度					
	X轴:	Y轴:	Z轴:				
X轴 1	0		0				
Y轴 0	1		0				
Z轴 0	0		1				
	绕X轴旋转	绕Y轴旋转	绕Z轴旋车	ŧ			
	确认	应用	取	消			

图 7-14 修改局部坐标系

点击绕Y轴旋转,修改旋转角度为-3,如图7-15所示。

♣ 局部坐标系 - RainbowStudio 9 ? ×								
┌位置-		💾 Ra	inbo	?	×			
X轴:	0.0	旋转角	度:					
Y轴:	0.0	-3			÷			
Z轴:	0.0		OK	Ca	ncel			
「方向-								
笛	₹尔角度	欧拉	前度					
	X\$	ŧ :	Y轴:		Z轴:			
X轴	1		0		0			
Y轴	0		1		0			
Z轴	0		0		1			
绕X轴旋转 绕Y轴旋转 绕Z轴旋转								
确认 应用 取消								

图 7-15 修改旋转角度

修改旋转角度之后的笛卡尔角度如图 7-16 所示。

🎦 局部	鄂坐标系 - Raiı	nbowStudio 9.	? ×			
┌位置‐						
X轴:	0. 0					
Y轴:	0.0					
Z轴:	0. 0					
一方向-						
笛	卡尔角度 欧打	立角度				
	X941:	Yfeh:	Z轴:			
X轴	0.99863	0	0.052336			
Y轴	0	1	0			
Z轴	-0.052336	0	0.99863			
	绕X轴旋转	绕Y轴旋转	绕Z轴旋转			
() 确认 应用 取消						

图 7-16 旋转-3 度后的笛卡尔角度

点击确认完成设置。

7.1.3.3 创建直线段

单击**几何→直线段**,如图 7-17 所示,在模型视图任意位置创建直线,如图 7-18 所示。



图 7-17 创建直线段操作



图 7-18 创建直线段

双击直线段对象 Polyline1,打开几何编辑对话框,将直线段 Polyline1 修改为非几何模式,如图 7-19 所示。

😤 几何 - RainbowStudi ? 🛛 🗙						
┌ 几何 ——						
名称:	Polyline1					
颜色:	[91, 170, 237]					
求解内部:	\checkmark					
模式几何:						
材料:	vacuum		▾			
模块:	⁷ ۴		•			
方向:	G1nba1		•			
透明度:	0.00		* *			
显示模式:	Inherit.		•			
缺省	取消		确认			

图 7-19 修改为非几何模式

修改完成后几何树中会出现非几何模型菜单,直线段 Polyline1 被保存在非几 何模式下,如图 7-20 所示。



图 7-20 非几何模式菜单

双击直线段创建命令 CreateLine,在属性对话框中修改属性参数,如图 7-21 所示。

 ● 〇 坐标系 ● 一几何 	🐻 属性 - R ? 🛛 🗙
● 面 ● □ Unassignment ● □ Rectangle1 ● ○ CreateRectangle ● ◇ CoverPlanarCurve ● ◇ 非模式几何 ● ○ ◇ Polyline1 ● ○ ◇ CreatePolyline □ ○ CreateLine	<pre>命令 CreateLine Point 1 X -4000 Y 0 Z 0 Point 2 X 4000 Y 0 Z 0 命令 取消 确认</pre>

图 7-21 修改直线段参数

Poi	nt1	Poi	nt 2
X:	-4000	X:	4000
Y:	0	Y:	0
Z:	0	Z:	0

创建好的几何模型如图 7-22 所示。



图 7-22 创建好的几何模型

7.1.4 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。

7.1.4.1 设置边界条件

创建几何模型后,用户可以为几何模型设置各种材料。在几何树中用鼠标选择 长方形 Rectangle1 对象,在其右键菜单中选择添加边界条件→理想电导体,如图 7-23 所示。



图 7-23 添加理想电导体边界

7.1.4.2 添加激励条件

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。

单击菜单**物理→辐射波**如图 7-24 所示,按照图 7-25 所示的设置添加 CSB 辐射 波。

文件	主页	工程	设计	几何	1 物理	分	術	課显	示	视图	窗口	帮助		
P	1	C)	➡ 有限 ₩ 常规	导体阻抗		汲	17		⋛切	换激励》	原显示	ලි		\bigcirc
理想电导	体集总	RLC	── 多层	阻抗			辐射沥	Z				管理	初始网格	曲面近似

图 7-24 添加辐射波

➡ 理想辐射波激励 - RainbowStudio 9.0	? ×	➡ 理想辐射波激励 - RainbowStudio 9.0	? ×	RainbowStudio 9.0 - RainbowStudio 9.0	? ×
名称、CSB 参数: 天线 显示 坐标系、G1nha1 位置。 次轴: -2450 Y轴: 0 之轴: 1 方向(欧拉角): - Phi (沿江地旋转): 0 PSI (再沿江地旋转): 0 34組形示意: - 米獎, 96 96	♥ 显示 ■ m m deg deg deg m	名称, CSB 参数, 天线 显示 类型, IV + (TLS) \$####/iDI(LOC)CSB4=¥ ● 数据源, 相位, 0	▼ 显示 高级 d8 deg	名称: CSB 参数: 天线 显示 预览: *下列参数只在显示需要时计算: 频率: 0.112 长度: 1 方向图显示: ▼ 使用纹理 ▼ 归一化 ▼ 覆盖几何模型 ■ 显示网格边线 ■[0, 0, 138] DB截断; -30	GHz m dB
缺省 取消	确认	款省 取消	确认	缺省 取消	确认

图 7-25 添加 CSB 辐射波

- 名称: CSB
- X轴: -2480 m
- Y轴: 0m
- Z轴:1m
- 类型: 仪表(ILS)导航航向(LOC)CSB 信号
- 幅度: 0 dB
- 相位: 0 deg
- 频率: 0.112 GHz

长度:1m

按照上述方法再次添加辐射波,按照图 7-26 所示创建 SBO 辐射波。

Pa 理想辐射波激励 - RainbowStudio 9.0 ? ×	Pa 理想辐射波激励 - RainbowStudio 9.0 ? ×	────────────────────────────────────
名称、EDO	名称. SB0	名称, 580
	缺省 取消 确认	し しんしょう 取消 みんし しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう ひょうしん ひょうしん しんしょう ひょう しんしょう ひょう ひょう ひょう ひょう しんしょう しんしょ しんしょ

图 7-26 添加 SBO 辐射波

- 名称: SBO
- X轴: -2480 m
- Y轴: 0m
- Z轴:1m
- 类型: 仪表(ILS)导航航向(LOC)SBO 信号
- 幅度: 0 dB
- 相位: 0 deg
- 频率: 0.112GHz
- 长度:1m

7.1.4.3 设置网格控制参数

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剖分目录下。单击菜单物理→初始网格设置如图 7-27 所示,并在如图 7-28 所示的全局初始网格控制对话框中设置参数。

文件	主页 工程	设计 几	何物理	分析	结果显示	、 视图	窗口 帮助	b		
Ø	-=+	 		渡	@		\bigcirc	▲ 瓜 点	\bigotimes	
理想电导	体有限导体		🔁 切换激	v励源显示	管理	初始网格	曲面近似	边 🛆 体	网格	添加近场显示

图 7-27 选择初始网格设置

🔒 初始网格设置 - RainbowS ? 🛛 🗙									
┌边长控制:									
网格大小模式:	Custom		-						
平均:	10		m						
最小:	0		m						
最大:	0		m						
增长率	1.5								
🥅 精确投影控制	I								
高级选项:									
几何边网格加密:	0.00		÷						
 □ 相邻边网格加密 □ 合并精度范围内的网格节点和边 ☑ 面网格剖分优化 									
缺省	取消	矿	畒						

图 7-28 设置全局初始网格剖分控制参数

网格大小模式: Custom 平均: 10

- 7.1.5 仿真求解
- 7.1.5.1 设置仿真求解器

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。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 7-29 所示。并在图 7-30 所示的求解器设置对话框中修改求解器参数。



图 7-29 添加求解方案操作

🎦 求解器	设置 - Raint	00	?	×				
┌ 求解器 ──								
仿真名称:	仿真名称: ENS1							
仿真频率:	0.112		GHz					
_选项:								
最大弹跳浴	<数:	4		0				
光线密度	(按波长):	4						
缺省	取消	1		确认				

图 7-30 求解器设置

仿真频率: 0.112GHz

最大弹跳次数:4

光线密度(按波长): 4

7.1.5.2 添加近场

选择 Polyline1 在其右键菜单中选择**添加近场→线段**,如图 7-31 所示,近场设置如图 7-32 所示。



图 7-31 添加近场线段

🎦 近场散射直线段设置 -	RainbowStud ? \times								
─ 散射近场 ────────────────────────────────────									
位置 X抽: 0 Y轴: 0 Z轴: 0	∩何 m 名称: RelativeCS1 ▼ w 本轴: X ▼ m								
线段 长度: 20000 数目: 101	m ;								
- 场计算, 一 仅计算散射场									
缺省	取消 确认								

图 7-32 近场线段设置

名称:下滑道

几何

名称: RelativeCS1

坐标轴:X

线段

长度: 20000

数目:101

7.1.5.3 添加导航方案

在工程树中选择 Antenna,在其右键菜单中选择**导航方案**,如图 7-33 所示, 导航方案的设置如图 7-34 所示。

工程	ē×	• 🛞 :
	*	0
● 11 受重库		
	mire	
	圳际	Del
• 📐 🕒	复制模型	
E [T]	模型改名	
	长度单位	
	物理单位	
• 🗐 🔲	设计说明	
	定义标签	
🔂 📿	管理标签	
8	显示模型视图	
	验证设计	
	求解设计	
	查看数据	
~	清除数据	
	设计日志	
	导航方案	

图 7-33 设置导航方案

🎦 导航方案	🎦 导航方案 - RainbowStudio 9.0 🦳 👋									
┌ 导航设置: 一										
方案:	4V 表看阮糸統(TLS)航回(LOC)	•								
调制系数:	0.2									
M150 DDM:	0. 155									
激励 (CSB):	CSB	•								
激励 (SBO):	SBO									
缺省	取消	确认								

图 7-34 设置导航方案

激励(CSB): CSB

激励(SBO): SBO

7.1.6 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 7-35 所示验证模型设置是否完整,点击验证设计后会出现如图 7-36 所示的验证有效性界面。



图 7-35 验证设计操作

ī	🛂 验证模型 - R ? 🛛 🗙
	 Geometry Material Boundary and Excitation Solution Pattern Mesh Terminal
	关闭

图 7-36 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 7-37 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 7-38 所示。

	文件	主页	工程	设计	几何 物理	2 分析	结果显示	视图	窗口	帮助	
	S				A =]	₿	S	iid
	验证设计	求解i	设计	查看数据	设计日志	清除数据	添加求解	汸案	剖分网格	求解	查看数据
图 7-37 求解设计操作											
× 求解 8 求解						32%					
剖分近场观察几何网 网格节点数 101 完成剖分近场观察几 输出solve文件 启动求解器	格 下清道 0 边数 100 单元数 0 .何网格 0 (s , 0 (s)	(s))									
ENSAntenna-Anten	na 🛛										

图 7-38 查看仿真任务进度信息

7.1.6.1 计算导航

在散射近场目录下,可以找到添加的下滑道,在其右键菜单中单击**计算(导航)**, 如图 7-39 所示。

🖻 曽 散射近	场		
── (◯) 散射┆	8	删除	De1
▣ 🐳 场仿耳	Ø	属性	Shift+P
🗄 🐻 结果题	</th <th>标签</th> <th>Shift+T</th>	标签	Shift+T
	4	光线路迹	
	S.	计算	
	S.	计算(导航)	
	N	导出近场数据	
		导出导航数据	

图 7-39 计算导航

7.1.7 结果显示

仿真分析结束后,用户可以查看模型仿真分析的各个结果,包括仿真分析所用 的网格剖分、本征值、电流分布等。

7.1.7.1 显示ENS 图表

仿真结束后,用户可查看模型的结果。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结果显示目录下。选择工程管理树的结果显示 节点,选择右击菜单 ENS 图表→2 维矩阵线图,如图 7-40 所示,并在如图 7-41 所 示的控制对话框中输入如下控制参数。

<u> 经用日本 </u>					
	ENS图表	ł	2	2维矩形线图	
6	删除所有图表				
⊞	创建格式图表				
٦	删除所有格式图表				

图 7-40 打开二维矩阵线图

Rainbow图表生成器 - 1D Rect Chart - RainbowStudio 9.0 ?							
数据源: 参数扫描: №11 方案: A11 使感源: A11 【4】ENS1:FinalPass:下滑道	─结果: 类别: ENS	项: ENS DDM ENS PFE ENS Angle Error	函数: PhaseRad PhaseRadCont dB10 dB10Normalize dB20 dB20Normalize				
	数据过滤: X: RadiationL: I All						
	1 Frequency	Va A11	109				
		新增图表	新增图元 关闭				

图 7-41 ENS 二维矩阵线图设置

数据源: [4] 类别: ENS 项: ENS DDM 函数: Real

二维矩阵线图显示结果如图 7-42 所示。



图 7-42 ENS 二维矩阵线图结果显示

7.2 本章小结

本章介绍了 Rainbow-ENS 模块,通过天线模型介绍了 Rainbow-ENS 模块的建模及仿真过程,对天线模型添加了近场线段和导航方案,最后通过 Rainbow-ENS 图表对天线模型进行了仿真。在建模过程中要注意相对坐标系的修改,在添加辐射波选择天线类型的时候要注意与导航方案中的参数相对应。

思考与讨论

- 1、ENS 模块的建模及仿真过程。
- 2、如何添加导航方案,需要注意哪些问题。