

# Altair HyperWorks 2024 新版本发布会

AI 赋能技术创新，开启仿真新篇章

2024年8月28日 | 北京



**ALTAIR FEKO – 新界面的升级体验及求解器性能的最新突破**

焦金龙 / Altair 技术经理 / Aug 28, 2024

# 目录

---

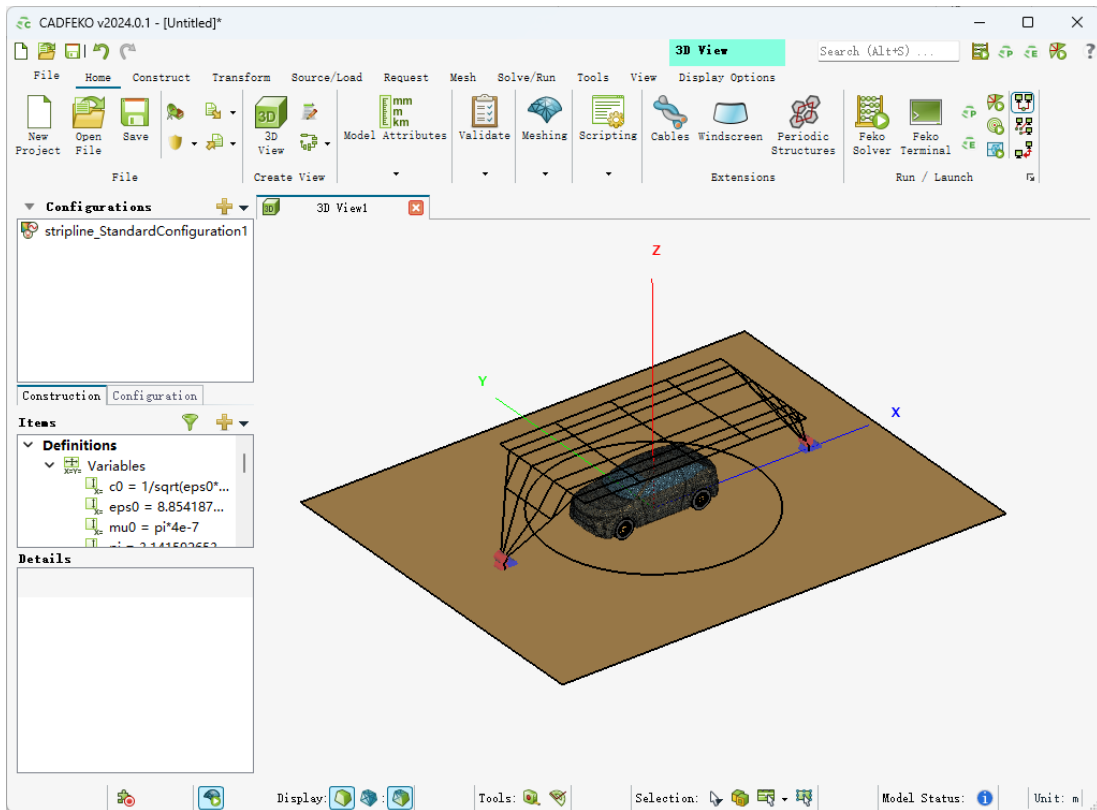
1 CADFEKO全新界面

2 求解器新功能

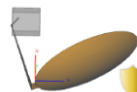
3 典型算例

4 小结

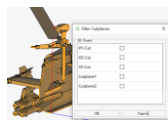
# CADFEKO 新界面



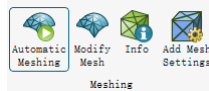
## 模型加密



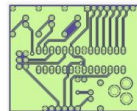
## 易用的切平面



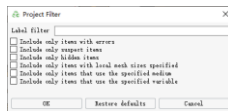
## 自动划分网格



## PCB导入接口



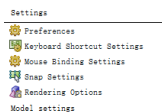
## 支持模型筛选



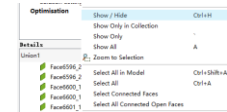
## 模型边界限制移除



## 支持自定义快捷键



## 模型任意隐藏/显示



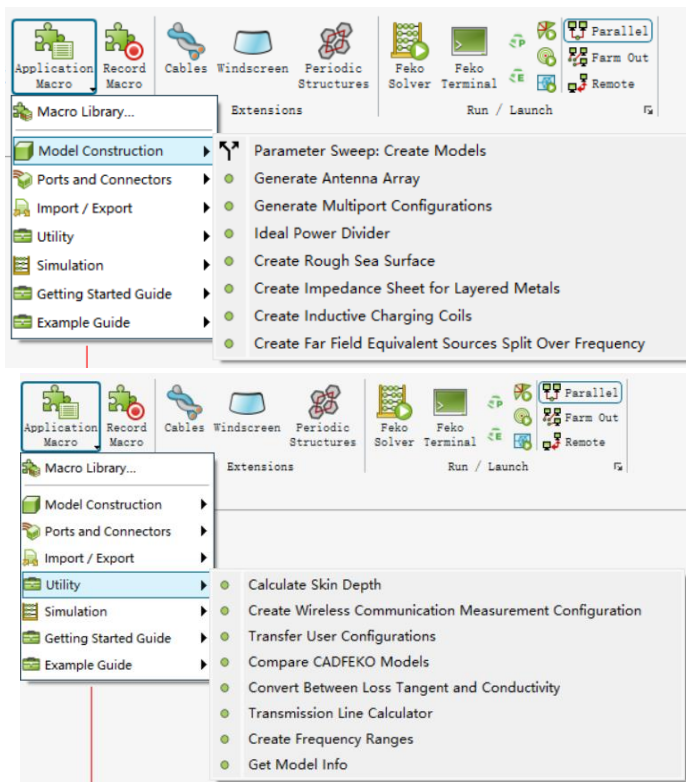
# 应用程序宏类库(Application Macro Library)扩展

## CADFEKO应用程序宏

新增类库宏可协助完成以下计算任务

- 建模：扫参、天线阵列、多端口配置、粗糙海平面、充电线圈等
- 导入/导出：数据处理等
- 实用工具 (Utilities)：不同版本求解配置转换、CADFEKO模型对比、损耗角正切与电导率转换等
- RCS 分析：RCS任务发送到PBS作业调度HPC平台

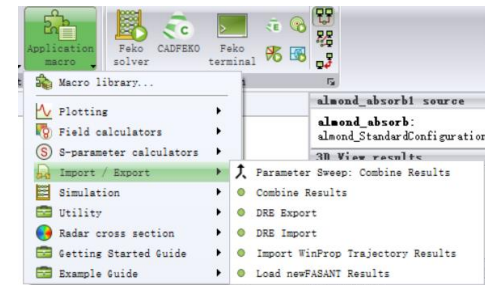
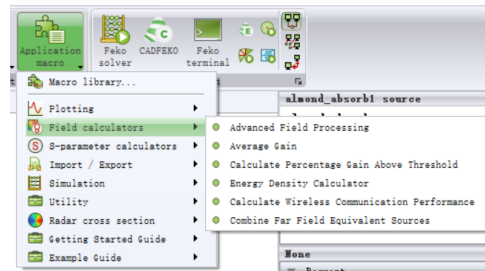
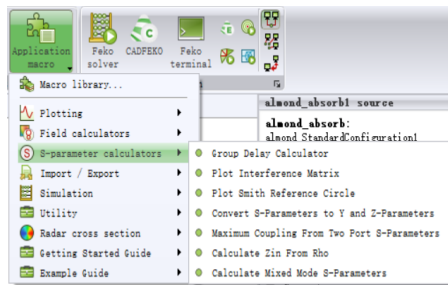
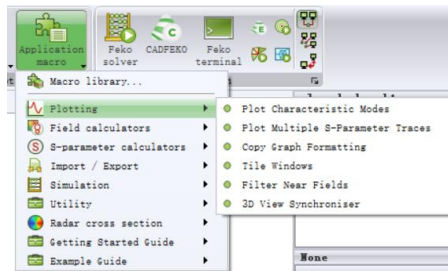
某些应用程序宏在CADFEKO 和 POSTFEKO中是相关的



# 应用程序宏类库(Application Macro Library)扩展

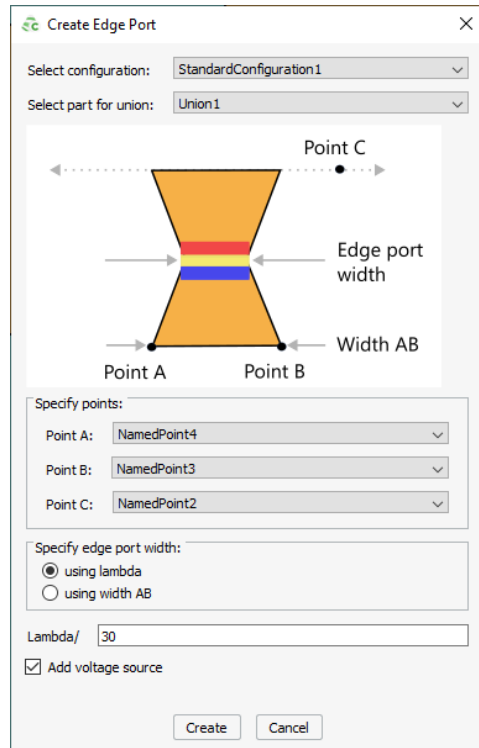
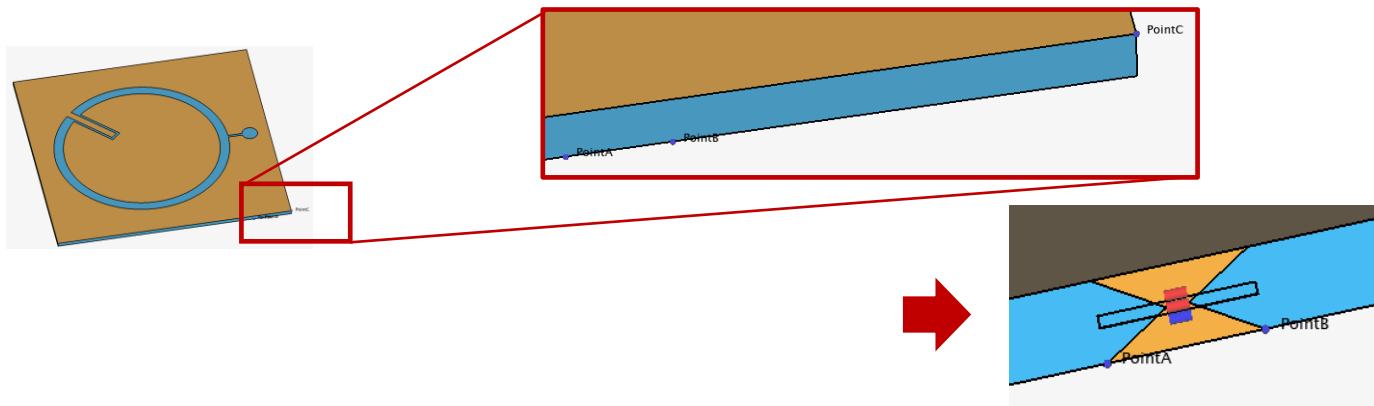
## POSTFEKO 应用程序宏

- 新增应用程序宏\*可协助完成以下后处理任务:
- 数据绘图:** CMA特征模绘图、多条S参数曲线绘图、复制带格式的2D曲线、平铺窗口、近场数据筛选、3D视图同步等
- 场计算:** 场数据高级处理功能、平均增益、高于指定阈值的增益占比、能量密度计算器等
- S-参数计算:** 群延迟计算、干扰矩阵绘图、Smith参考圆绘图、S散射矩阵->Y/Z矩阵转换、两端口S散射矩阵->最大耦合、反射系数Rho->输入阻抗Zin计算器以及混合模式S参数计算器等
- 导入/导出:** 扫参结果数据汇总、DRE导出/导入、导入WinProp计算得到的飞行路径上的结果等



# 有限大基板创建Edge Port的脚本实现

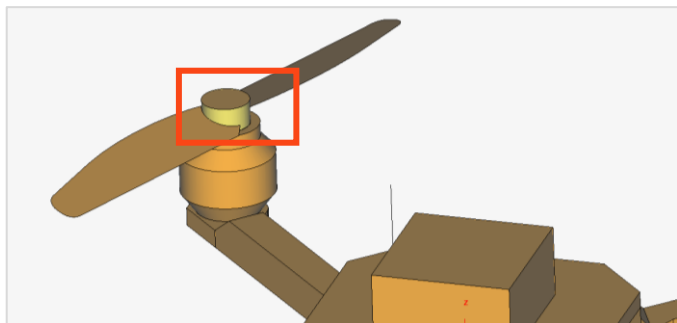
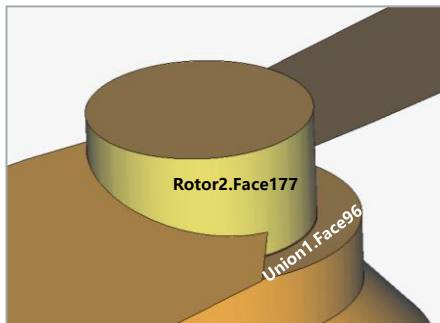
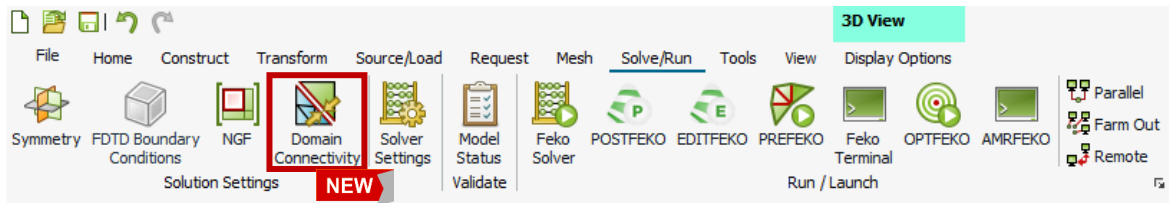
CADFEKO > Home Tab > Application Macro > Model Construction > Create Edge Port for Finite Substrate



# 模型&网格连接-预处理

前处理菜单: CADFEKO > Solve/Run > Solution Settings > Domain Connectivity

- 新增 **Domain Connectivity** 工具, 该工具允许在网格交界处一定容差范围内, 将指定的网格视为“连接”, 即使这些网格原本不共节点
- 适用于天线布局、雷达隐身等应用方向

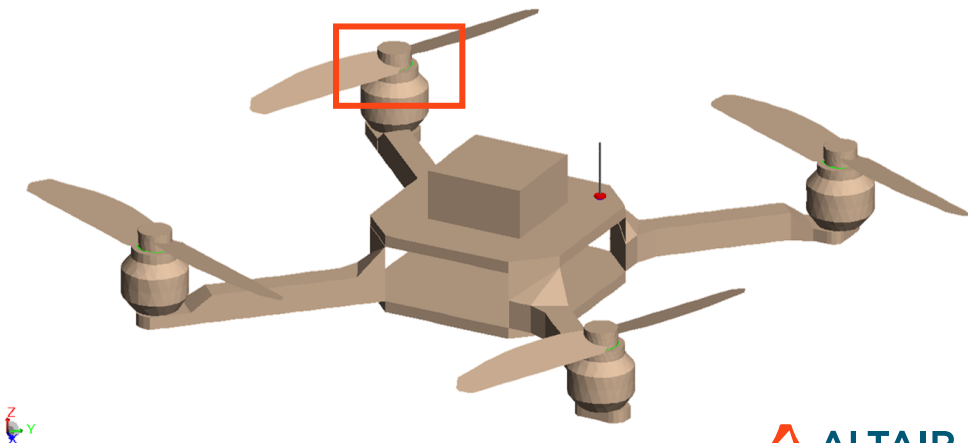
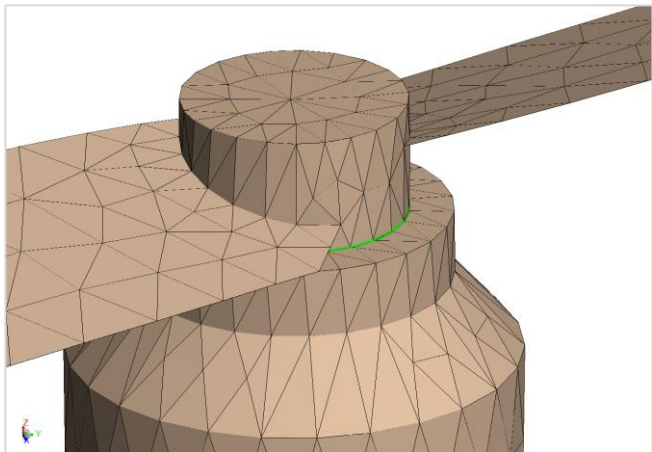
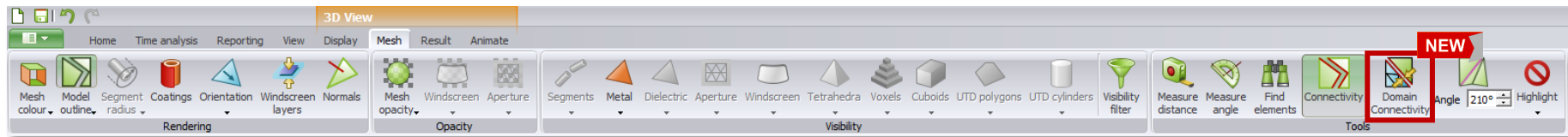




## 模型&网格连接-预处理

后处理菜单：POSTFEKO > 3D View Contextual tab > Mesh > Tools > Domain Connectivity

- 在3D视图添加 **Domain Connectivity** 工具按钮，用于显示/隐藏模型预连接效果





# Feko支持线上材料库AMDC

CADFEKO > Construct > Define > Media > Altair Material Data Center.

打开Altair材料中心(AMDC)，登录 Altair One，读取需要的材料。

Welcome to Altair One™

E-mail \*

E-mail address

Need Help?

Continue

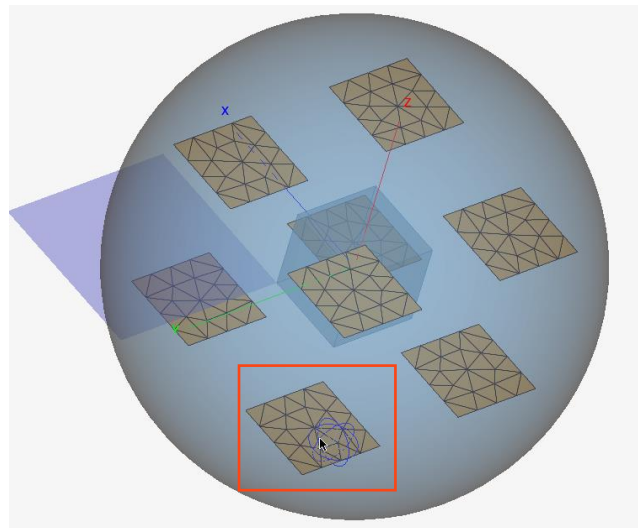
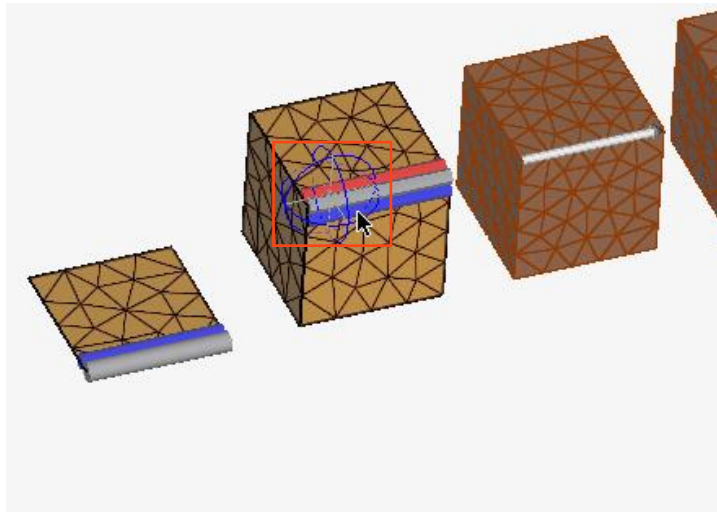
Don't have an account? Register

The image is a collage of screenshots from Altair CADFEKO software, illustrating the process of importing materials from the Altair Material Data Center (AMDC).

- Top Left:** A screenshot of the CADFEKO software interface showing the menu path: **Construct > Define > Media > Altair Material Data Center**. The 'Altair Material Data Center' option is highlighted.
- Top Right:** A screenshot of the 'Welcome to Altair One' login screen. It includes an 'E-mail' field, a 'Need Help?' link, a 'Continue' button, and a 'Don't have an account? Register' link.
- Middle Left:** A screenshot of the 'Altair Material Data Center' search interface. It shows a search bar with 'muscle' entered, and filters for 'Material type' (Dielectric (2)), 'Provider' (Feko (2)), 'Software' (Cadfeko (2)), and 'ID' (Dielectric (frequency list) (2)). The 'Muscle Parallel Fibers Ovine' material is selected.
- Middle Right:** A screenshot of the 'Muscle Parallel Fibers Ovine' material properties dialog. The 'CADFEKO' tab is selected. It shows 'Select Software' as 'Cadfeko' and 'Select Model' as 'Dielectric (frequency list)'. The 'Select Unit' is 'N m s kg'. A red arrow points to the 'Save to My Materials' button.
- Bottom Left:** A screenshot of the 'Muscle Parallel Fibers Ovine' material properties dialog, showing a graph of 'Dielectric Properties'. The graph plots 'Permittivity' (blue line) and 'Conductivity' (red line) against 'Frequency [Hz]'. The frequency range is from 0 to 1E+8 Hz. The permittivity starts at approximately 0.8E+8 and decreases to 0. The conductivity starts at 0 and increases to approximately 0.8E+8.
- Bottom Right:** A screenshot of the CADFEKO software interface showing a 3D model of a sphere with a mesh. The model is labeled 'Muscle Parallel Fibers Ovine'.

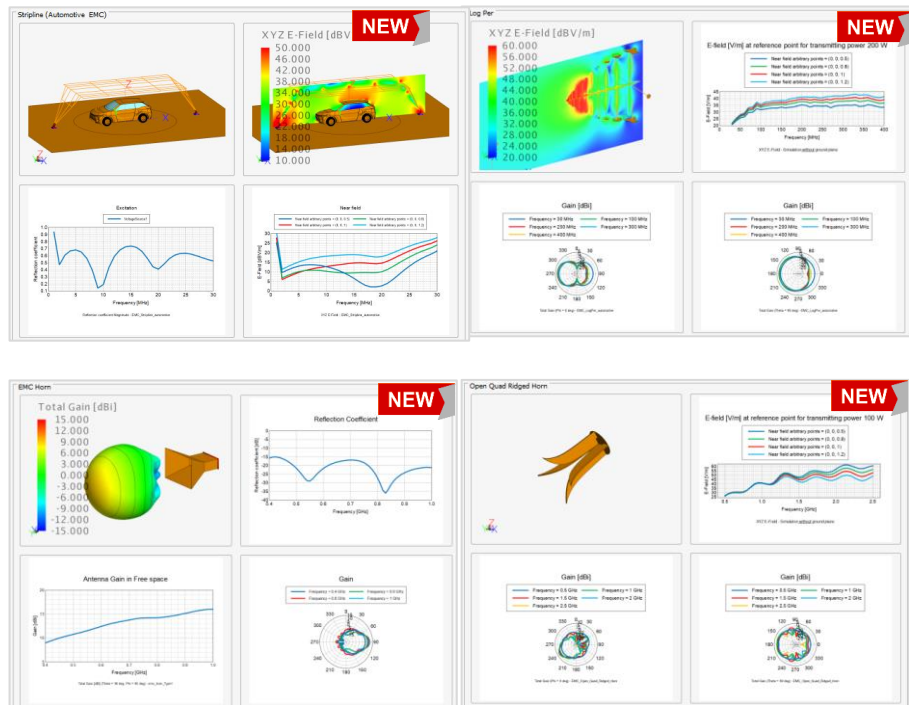
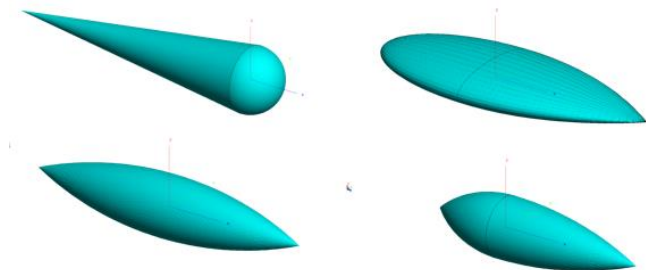
## 3D旋转模型性能改进

- 改进了光标位于端口上方时的旋转中心。
- 允许在几何体/网格上选择旋转中心。



# 新增模型库

- EMC 带状天线: 0.5 MHz – 30 MHz
- EMC 对数周期天线: 30MHz – 400MHz
- EMC 双锥对数周期天线: 100MHz – 1GHz
- EMC 喇叭天线: 400 MHz – 1 GHz
- EMC 四脊喇叭: 0.5 – 2.5GHz
- RCS标准模型

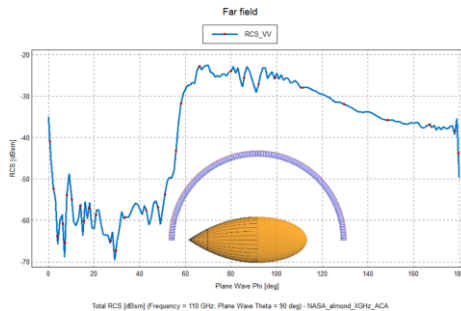
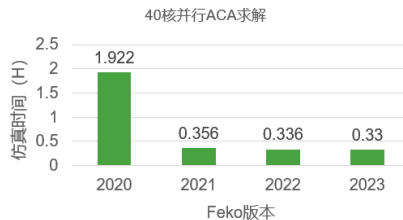
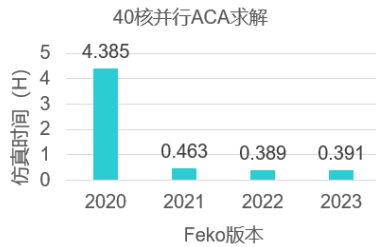
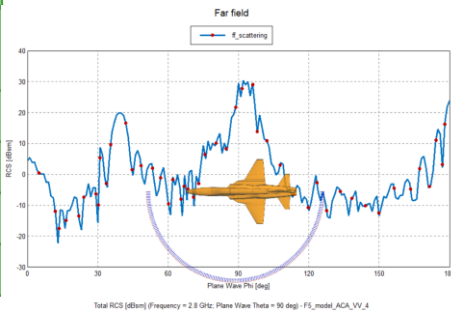
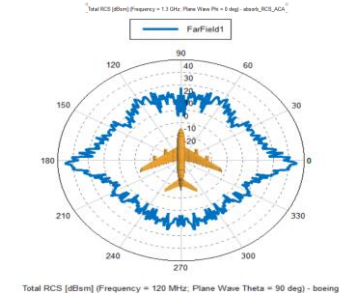
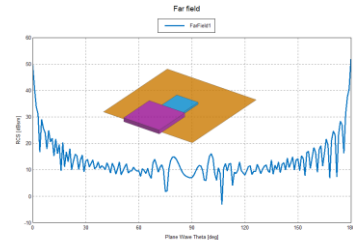


# 求解器新功能

# ACA并行求解加速

- 最新版本的ACA性能
  - ✓ 吸波结构单站RCS, 2023版本相比2020版本, 加速11.1倍
  - ✓ 金属飞机模型, 2023版本相比2020版本加速5.8倍
  - ✓ 杏仁核, 直接求解 > 120万网格模型, 稳定求解大规模模型

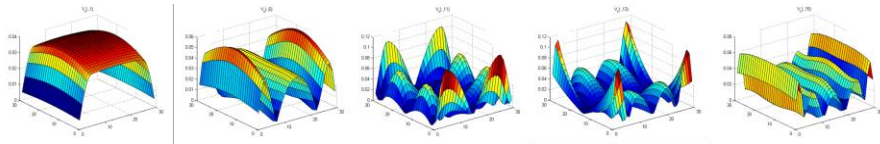
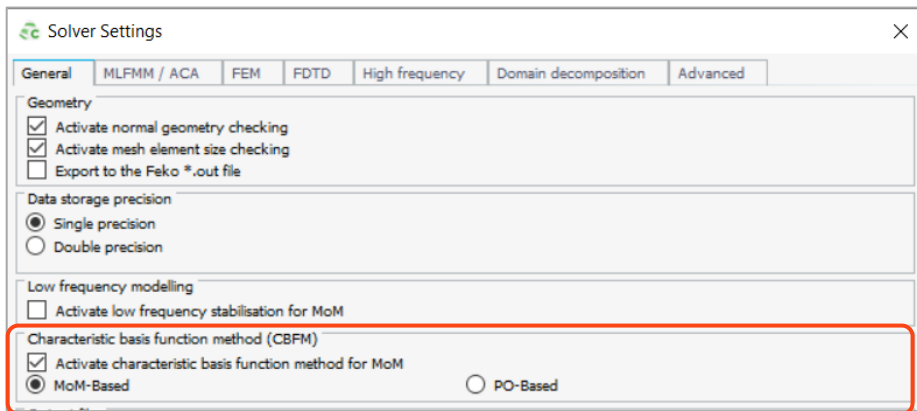
模型	网格数量	仿真时间(小时)
吸波结构	金属 68,980	0.391
	介质 35,652	
飞机模型	金属 101,536	0.33
杏仁核	金属 1,248,768	27.52
F5飞机模型	金属 1,266,370	30.37
F5飞机模型	金属 1,573,355	54.92



# 特征基函数法 (CBFM)

CADFEKO > Solve/Run > Solution Settings > CBFM

- CBFM是对传统MoM或MLFMM的改进，利用宏基函数减少了未知数的数量。
- 使用CBFM时，矩阵的计算需要更多时间，但求解时间会加快。
- 因此，CBFM 对于单静态RCS等有许多右侧激励的问题最为有效。



# 支持特征基函数 (CBFM)

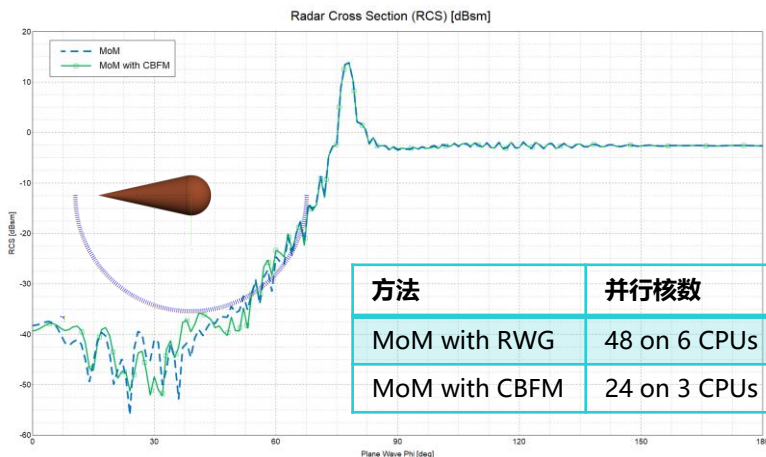
- CBFM 可用于**介质体**的 RCS 仿真。
- 显著减少对 MoM 的内存要求

**CBFM直接求解器：计算低散射单站RCS**

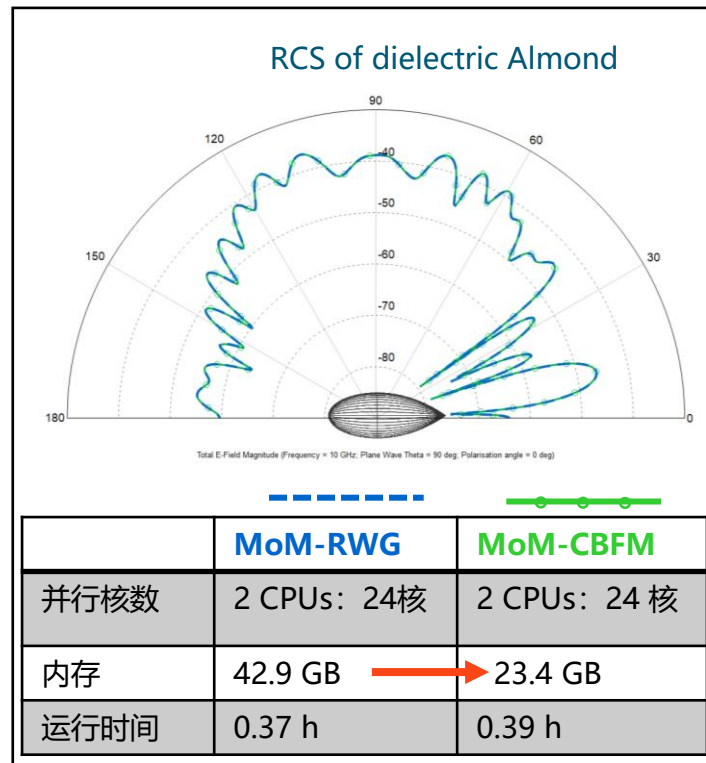
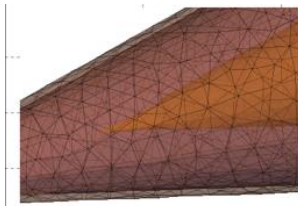
**CBFM+MLFMM：收敛性优于RWG-MLFMM**

## 算例：

- Almond 介质模型仿真 10 GHz单站RCS
- 介质球锥模型



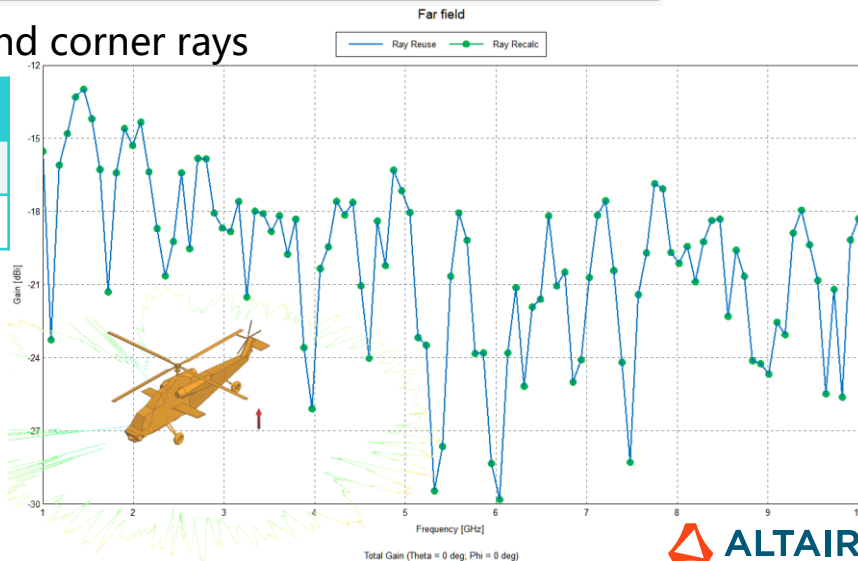
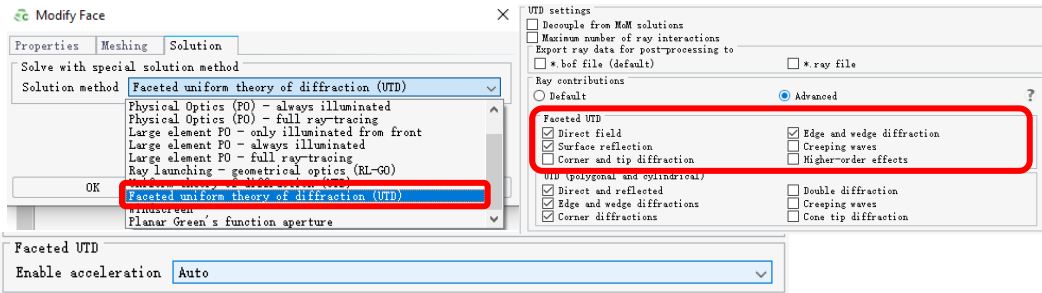
方法	并行核数	内存	计算时间
MoM with RWG	48 on 6 CPUs	2.4 TB	10.5 h
MoM with CBFM	24 on 3 CPUs	213 GB	41.2 h





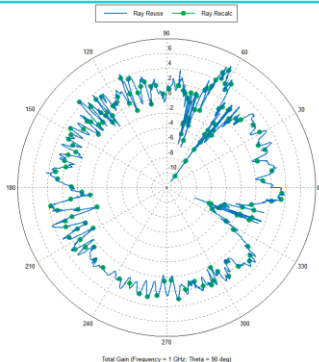
# Faceted UTD支持快速扫频

- 通过在频段复用射线，实现更快的扫频
- 21603 request points
- 101频点
- 6549 UTD 三角形
- 2 ray interactions, direct, reflected, wedge and corner rays



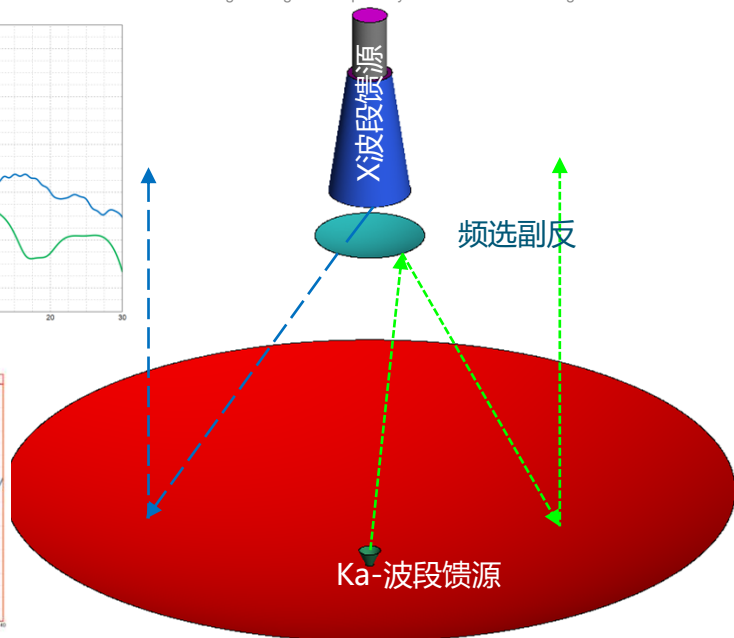
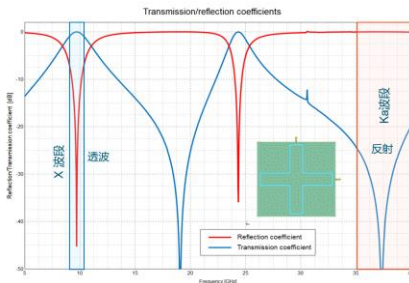
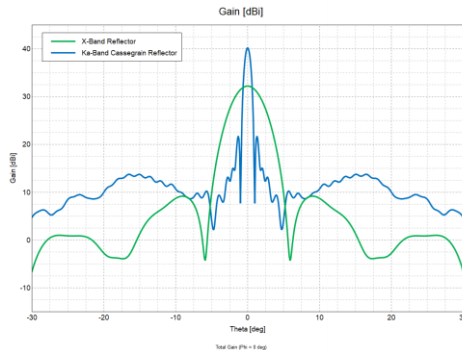
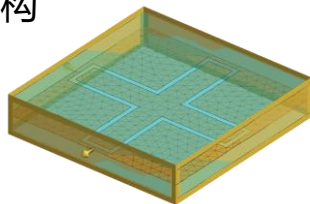
	重新计算	复用
运行时间 64核并行	160432s (44.4h)	1745s (0.43h)
内存	28.048 GB	28.069 GB

- 不支持:
  - 球面波接收天线
  - 矩量法网格



# MLFMM+特征面技术

- 双馈源反射面天线
  - ✓ Ka波段 (35.75 GHz) 卡塞格伦天线
  - ✓ X波段 (9.55 GHz) 反射面天线
- 副反内置FSS结构
  - ✓ Ka波段反射
  - ✓ X波段透波

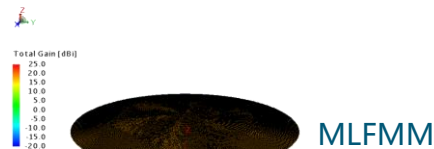
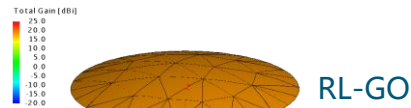
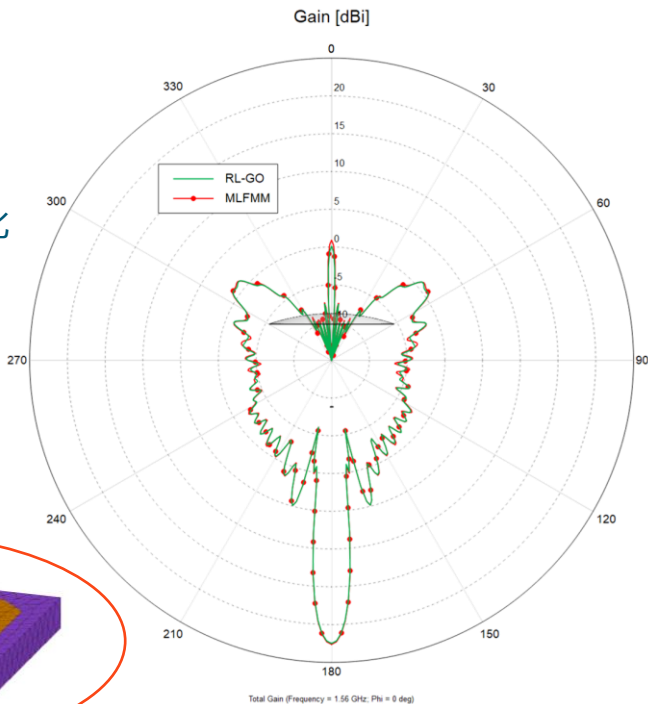
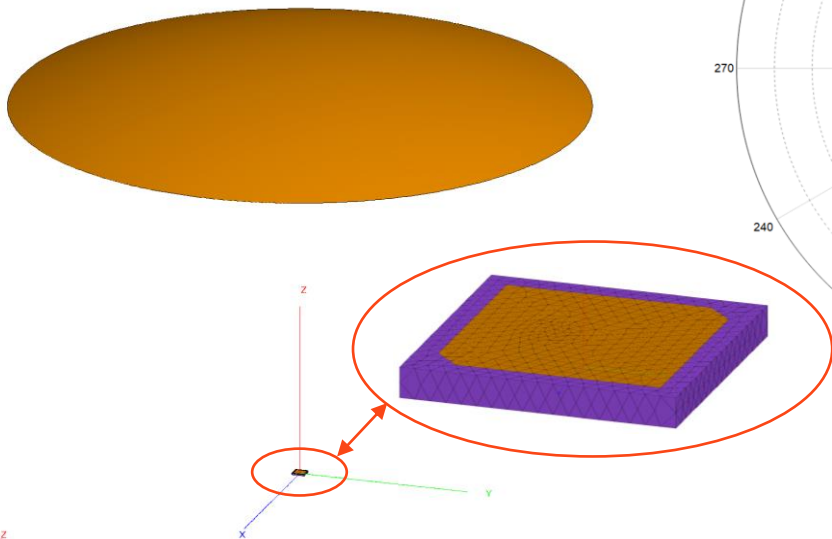


稳定的MLFMM可以用于带FSS结构的反射面天线

模型	未知量	并行核数	峰值内存(GB)	运行时间(秒)
Ka 波段, 副反为理想金属面(PEC)	2,144,896	24核 (2 CPUs)	72.5	953 秒
Ka 波段, 副反为内置FSS结构 (采用特征面技术)	2,189,807	24核 (2 CPUs)	130.7	2387 秒
X 波段, 无副反	153,113	24核 (2 CPUs)	10.4	37 秒
X 波段, 副反为内置FSS结构 (采用特征面技术)	159,385	24核 (2 CPUs)	10.8	103 秒

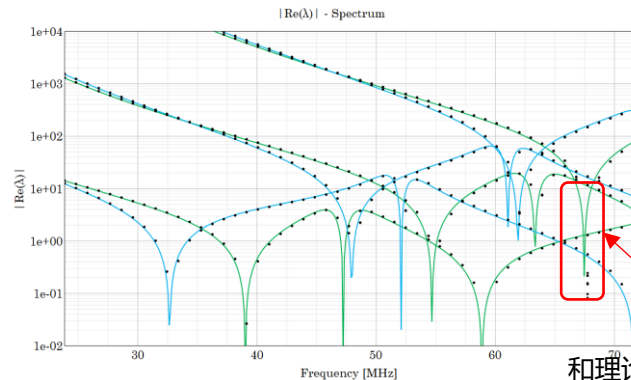
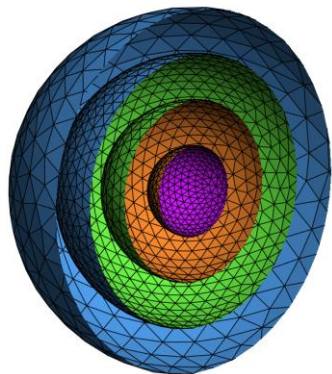
# RL-GO与矩量法混合求解

- 支持部分矩量法介质模型
- 面等效求解介质区域
- 算例: 微带与反射面
  - MLFMM方法与MOM+ RLGO对比

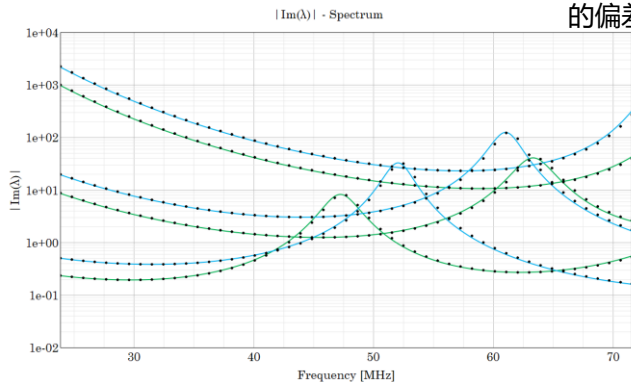


# 特征模分析(CMA)-功能改进

- **支持有耗(lossy)介质**
- **验证算例:**
  - 四层介质球本征模分析:
  - 最外层 1:  $\epsilon_r = 7$ ,  $\mu_r = 4$ ,  $\tan\delta_\epsilon = 0.01$ ,  $\tan\delta_\mu = 0.01$ ,  $r = 1.00m$
  - 中间层-外1:  $\epsilon_r = 6$ ,  $\mu_r = 3$ ,  $\tan\delta_\epsilon = 0.02$ ,  $\tan\delta_\mu = 0.02$ ,  $r = 0.75m$
  - 中间层-内 1:  $\epsilon_r = 3$ ,  $\mu_r = 9$ ,  $\tan\delta_\epsilon = 0.03$ ,  $\tan\delta_\mu = 0.05$ ,  $r = 0.50m$
  - 最内层 1:  $\epsilon_r = 5$ ,  $\mu_r = 2$ ,  $\tan\delta_\epsilon = 0.04$ ,  $\tan\delta_\mu = 0.03$ ,  $r = 0.25m$

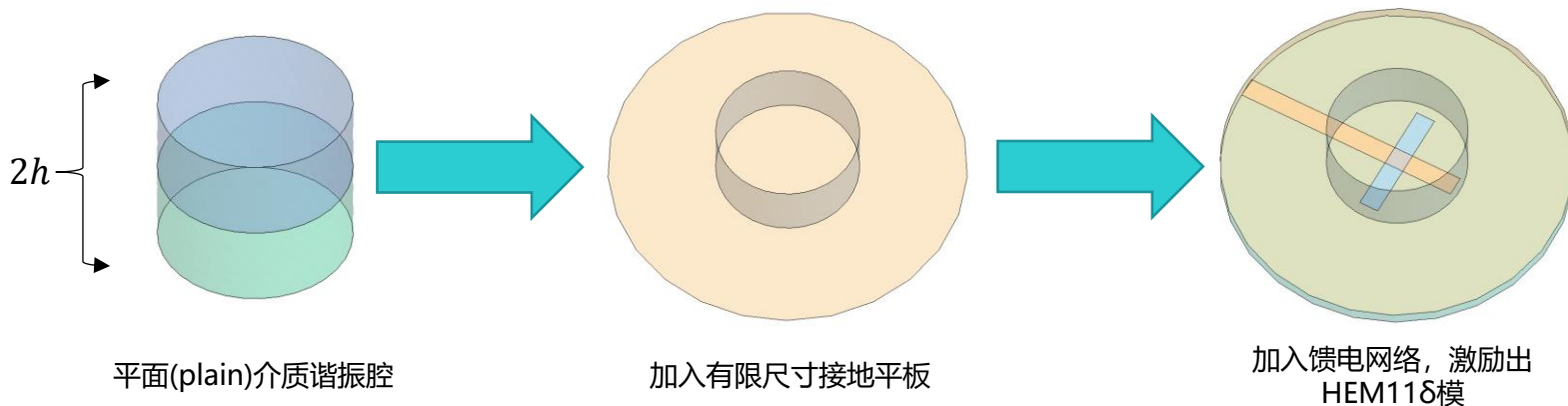


和理论解非常一致. 局部小的偏差是由网格造成的



## 特征模分析(CMA)-功能改进

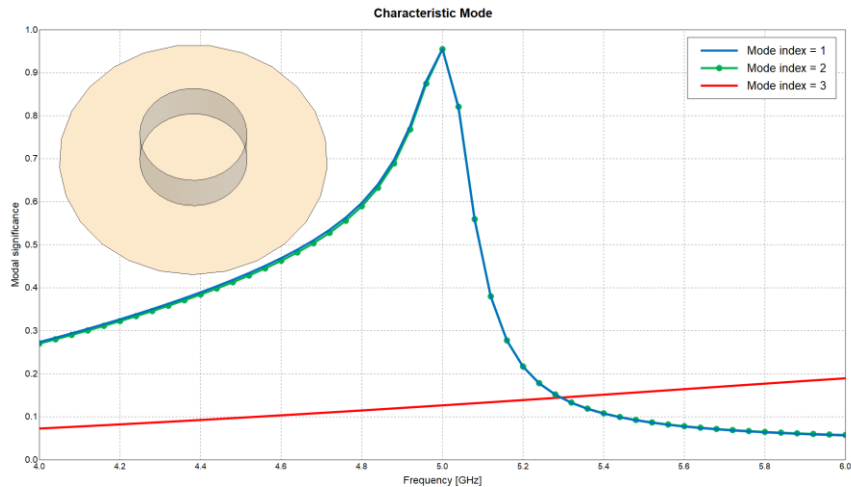
- **设计算例：** 基于CMA分析孔径耦合馈电的柱形DRA天线，谐振频率5GHz，工作模式HEM<sub>11</sub>δ:
- $\epsilon_r = 42$ ,  $\tan\delta_\epsilon = 0.0015$ ,  $r = 3.8mm$ ,  $h = 4.2mm$
- 孔径、馈线、短截线(Stub)和介质基板的几何参数都可以进行调整，以实现所需的性能特性。**介质谐振腔和基板均采用有耗介质。**



# 特征模分析(CMA)-功能改进

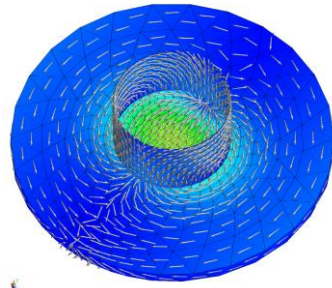
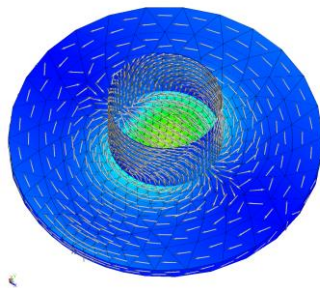
## 设计算例: 介质谐振天线 (DRA)

- 计算4 – 6 GHz范围内模式重要性系数 $MS_n$
- 由于结构的对称性, 模式1和模式2的电流分布在方位方向相差90度
- 使用谐振模式的电流分布来决定DRA天线激励的合适位置
- 添加激励, 重新运行CMA分析, 确认是否存在相关谐振模式



模式1电流密度(5 GHz)

模式2电流密度(5 GHz)

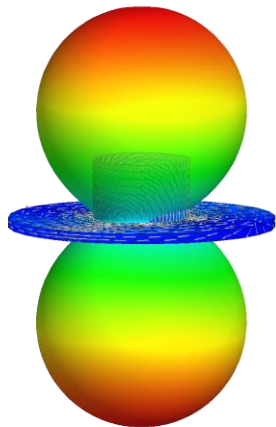


# 特征模分析(CMA)-功能改进

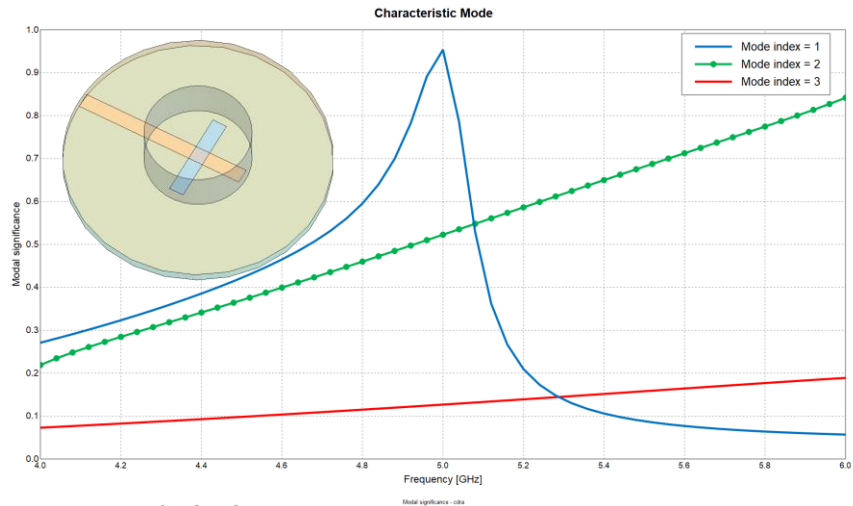
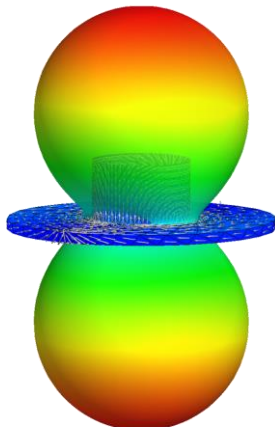
## 设计算例: 介质谐振天线 (DRA)

- 选择Slot位置添加激励, 模式1可以激发出来
- 对应的谐振模式2 消失
- 5GHz工作模式1的辐射场型:

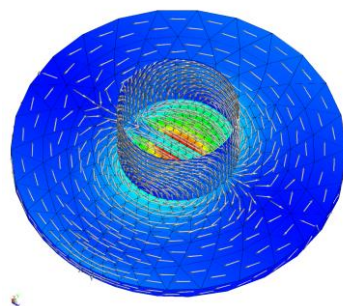
开槽处不加激励时



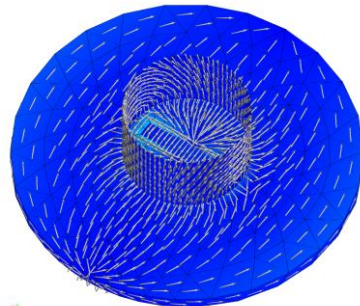
开槽处添加激励



模式 1 电流密度(5 GHz)



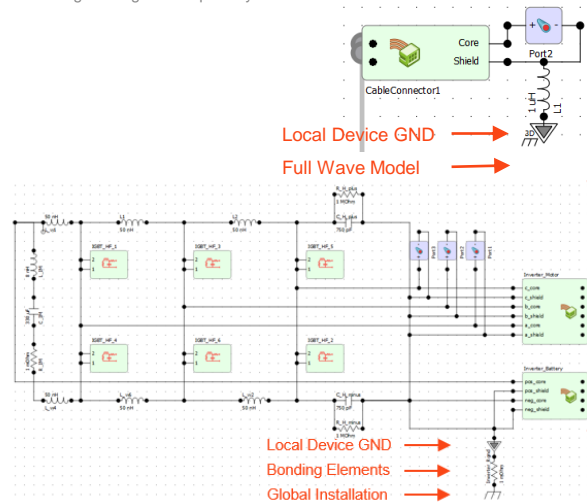
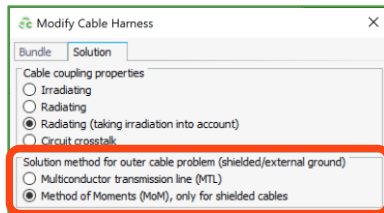
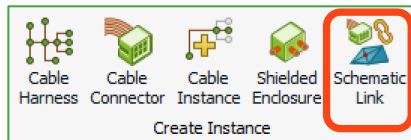
模式 2 电流密度(5 GHz)



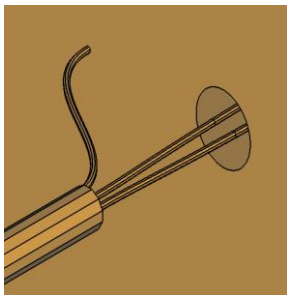


# 线束原理图 – 将屏蔽电缆信号连接到 3D模型

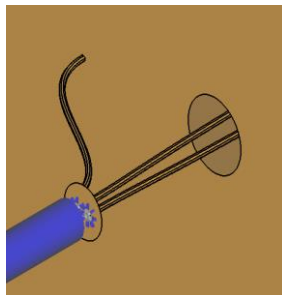
- 混合MOM/MTL支持一下模型：
- 屏蔽层带猪尾效应
- 电缆信号连接，例如线缆连接到PCB



屏蔽双线 – 屏蔽层通过猪尾连接到外壳、芯线连接在外壳内部的电线

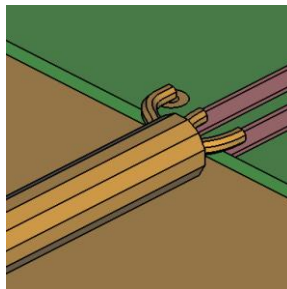


物理模型

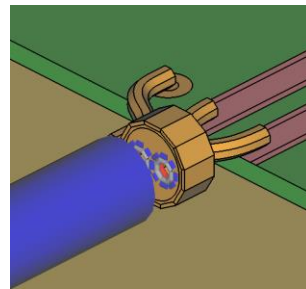


MoM/MTL 模型

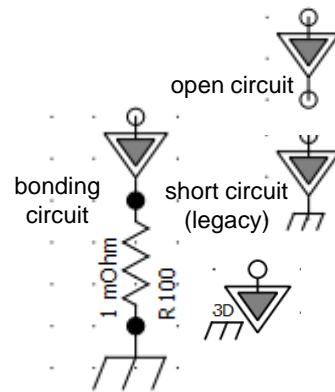
屏蔽双线 – 连接到 PCB 的线和地



物理模型



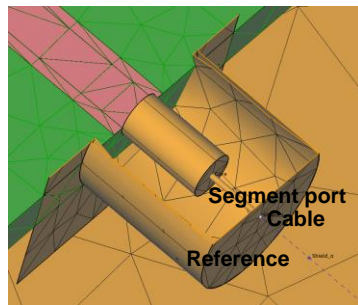
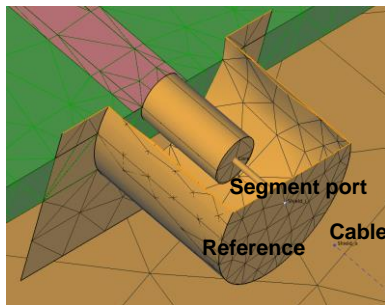
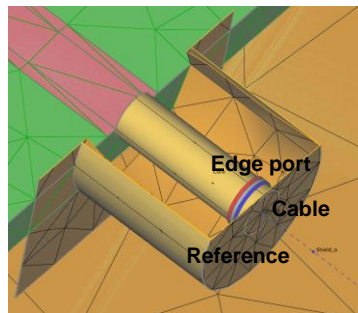
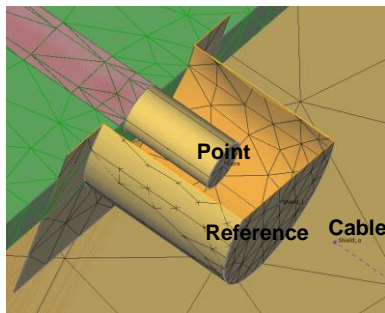
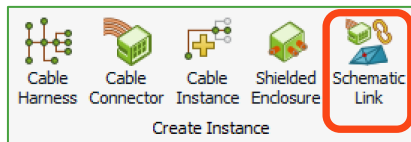
MoM/MTL 模型



## 线束原理图 – 将屏蔽电缆信号连接到 3D 模型

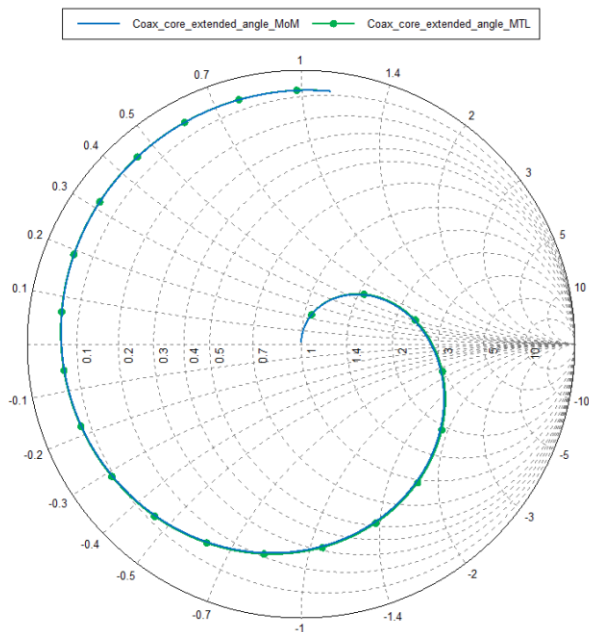
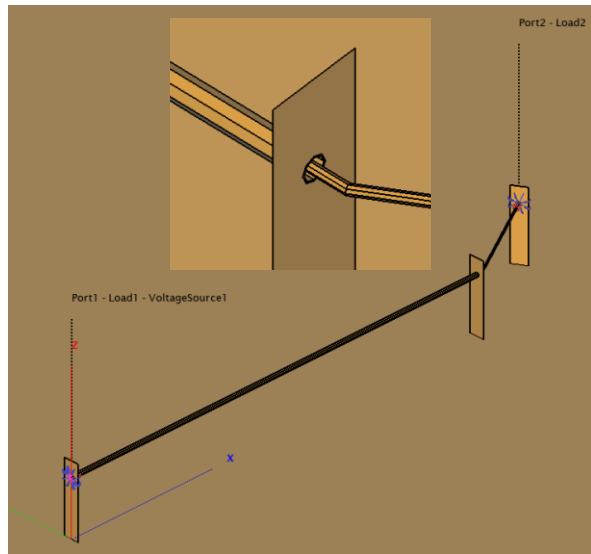
- 通过以下组合实现与 3D 几何体的电缆信号连接：

- 单芯线束
- 网格顶点
- 几何端口：
  - 棱边
  - 线段
  - 顶点



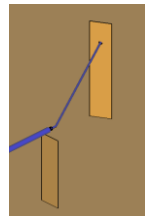
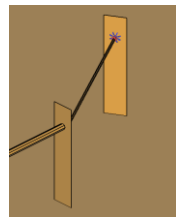
# 线束原理图 - 点和电缆连接

## 案例1、同轴线与芯线



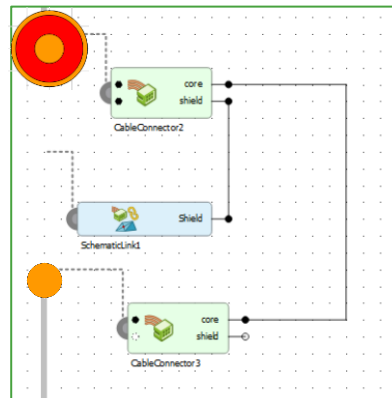
Port1 反射系数: 1MHz – 300MHz

同轴线高于地平面，芯线延伸



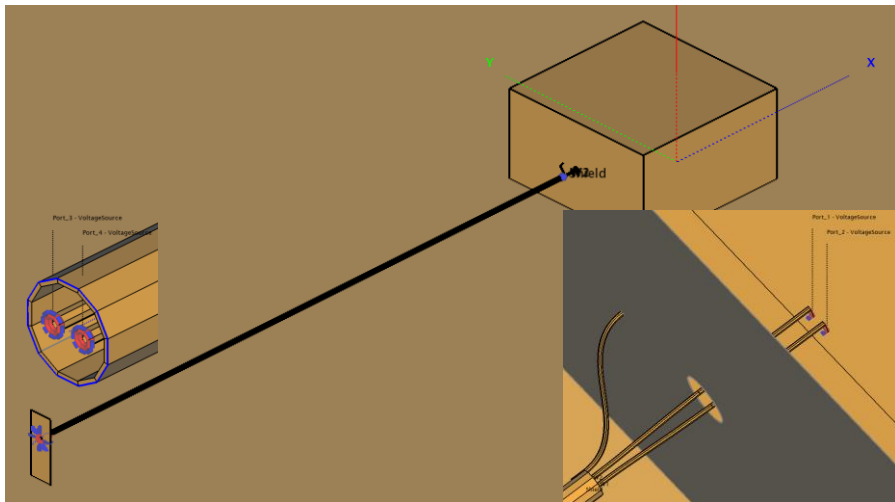
物理模型

MoM/MTL模型



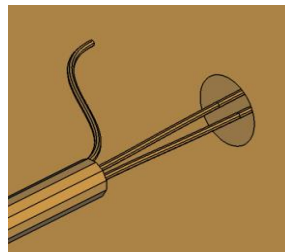
## 线束原理图 - 端口连接

- 案例2、屏蔽双线，带猪尾连接到外壳

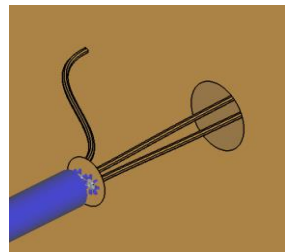


Calculate 75 Ohm S-parameters between all four ports and near-fields associated with each port active - 100MHz to 1GHz

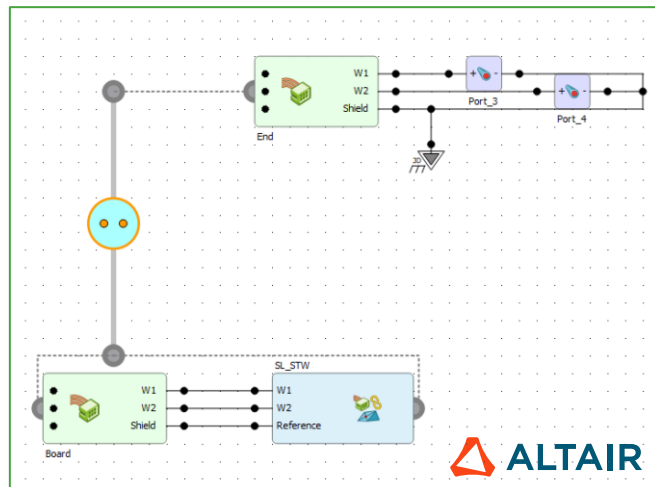
屏蔽双线 - 屏蔽层通过猪尾连接到外壳、芯线连接在外壳内部的电线



物理模型

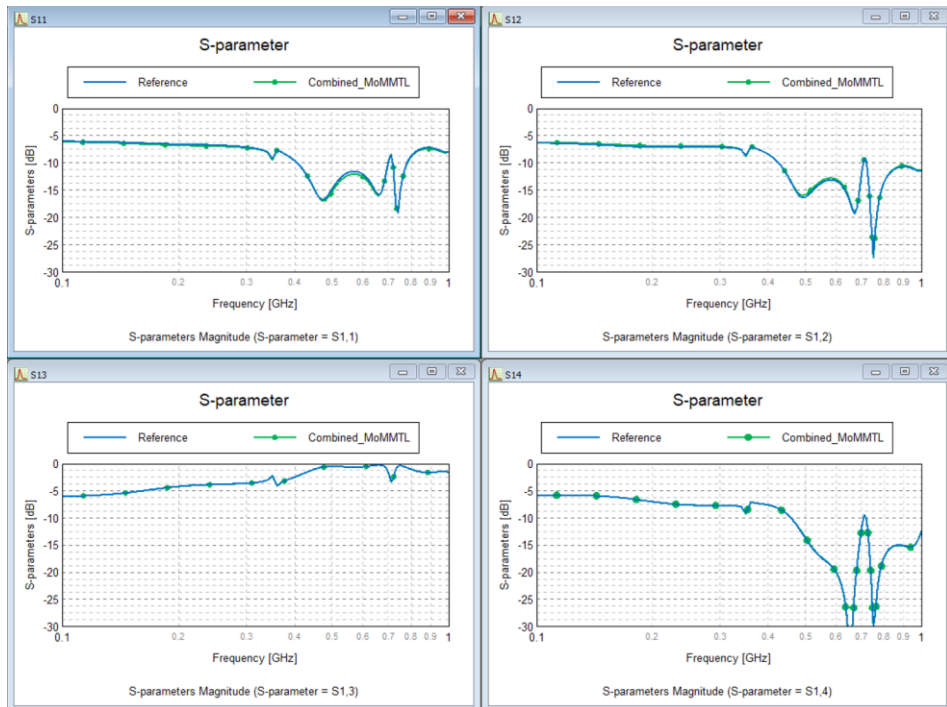


MoM/MTL模型

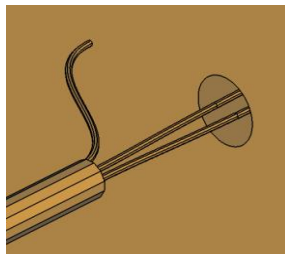


# 线束原理图 - 端口连接

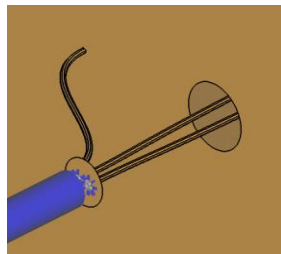
- 案例2: S参数对比



屏蔽双线 – 屏蔽层通过猪尾连接到外壳、芯线连接在外壳内部的电线



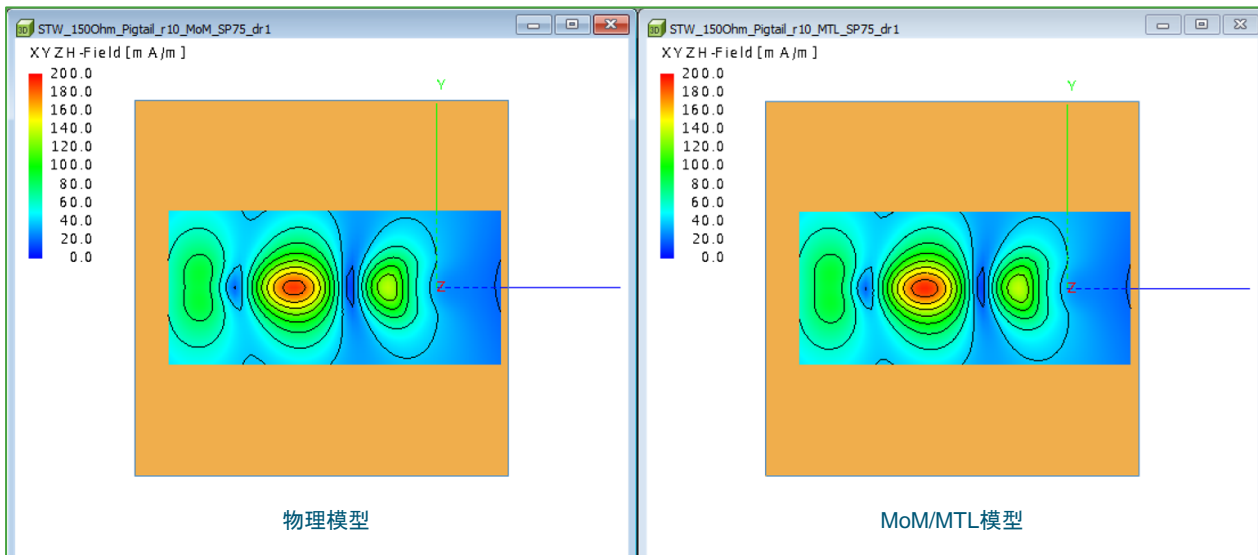
物理模型



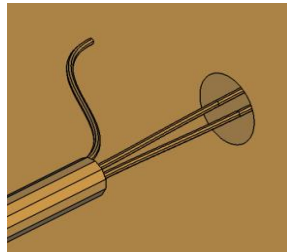
MoM/MTL模型

## 线束原理图 - 端口连接

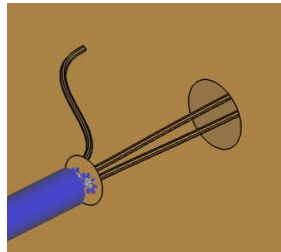
- 案例2：场强对比



屏蔽双线 - 屏蔽层通过猪尾连接到外壳、芯线连接在外壳内部的电线



物理模型



MoM/MTL混合模型

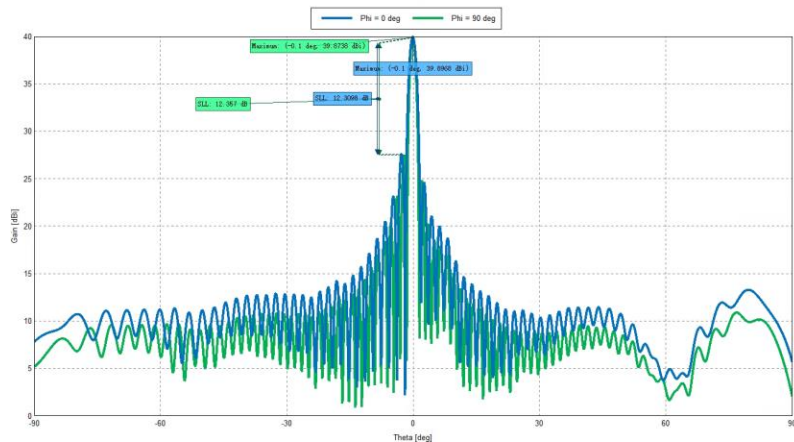
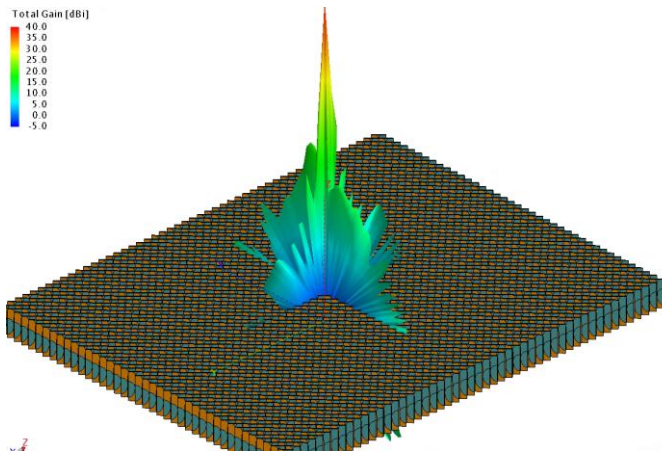
工作频率0.7GHz，H场高于地平面75毫米：端口4发射功率0.5W

## 典型算例



# Vivaldi天线阵列

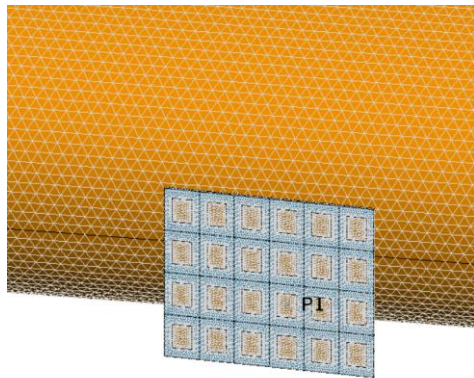
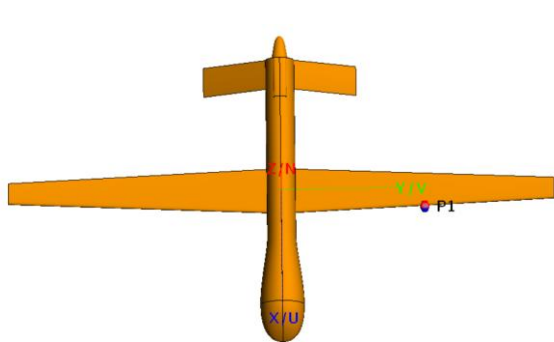
- 单元数量：50\*40 单元；， 金属网格： 2 056 382， 介质网格： 2 608 748 未知量： 12,995,390
- 求解器： MLFMM精确求解
- 幅度加权： 均匀阵列
- 仿真时间： 14.33h, 40 核并行



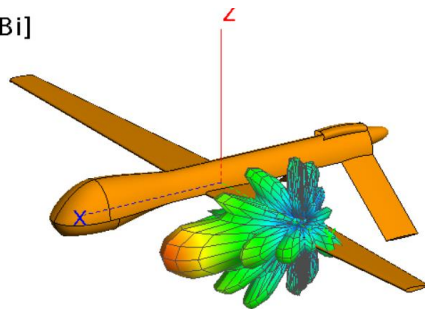
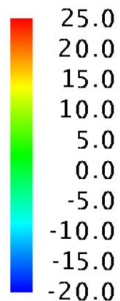
## 无人机天线阵布局

- 无人机载体翼展：14.84m
- 仿真频率：20GHz，模型电尺寸989倍波长
- 天线阵列：24元微带阵列
- 求解器：多层快速多极子

网格数量	仿真时间[H] (56核)
13 785 294	7.736



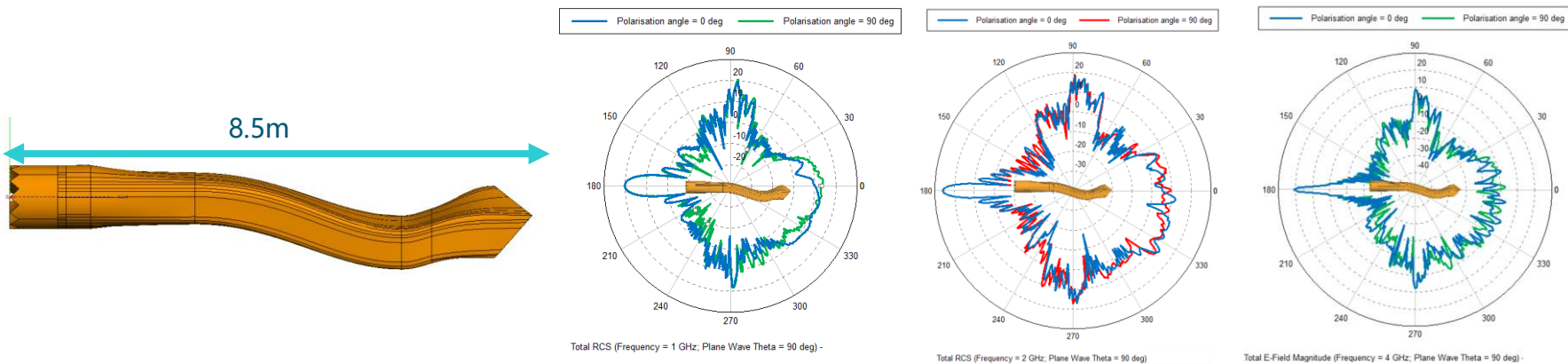
Total Gain [dBi]



# ACA求解进气道RCS

- 进气道模型尺寸8.5m
- 典型的腔体结构，收敛速度慢
- 入射角度：Theta=90°，Phi=0~360，步进1°
- 水平与垂直极化

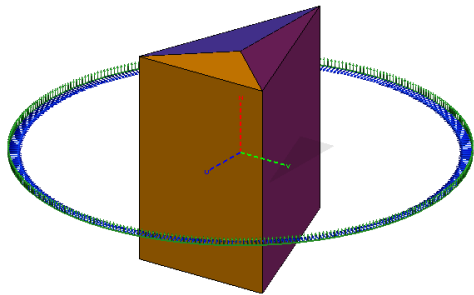
频率GHz	电尺寸 (倍波长)	网格数量	时间(16核) [小时]
1	28	33,492	0.072
2	56	132,210	0.581
4	112	<b>528,209</b>	8.161



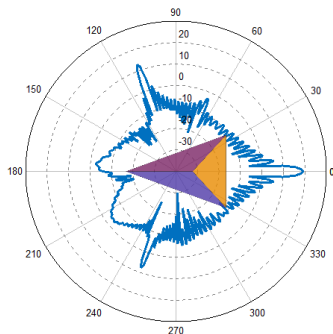
# 金属与吸波结构

- 三棱柱金属与吸波结构，高度0.37m
  - ✓ 材料1：介电常数4，损耗角正切：0.075
  - ✓ 材料2：介电常数1.4，损耗角正切：0.5
- 求解器：直接求解的ACA

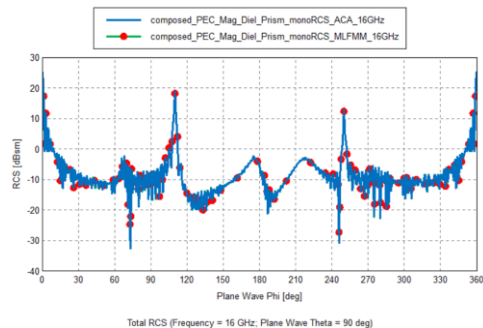
频率[GHz]	电尺寸	网格数量	时间(16核)[小时]
8	10	金属: 41, 826 介质: 70, 194	3.155
12	15	金属: 94, 732 介质: 158, 296	22.673
16	20	金属: 168, 408 介质: 281, 396	18.295 (28核)
24	30	金属: 263, 138 介质: 440, 346	43.846 (30核)



吸波结构模型



8GHz单站RCS仿真结果

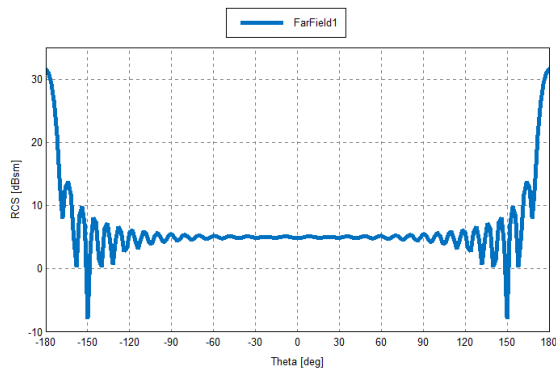
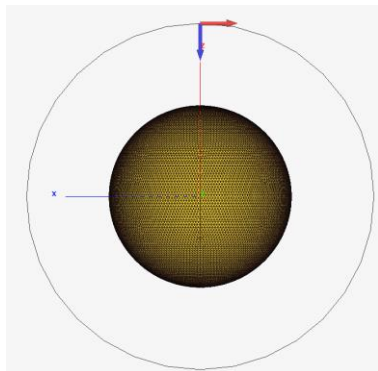


16GHz单站RCS仿真结果

# 特征基函数(CBFM)

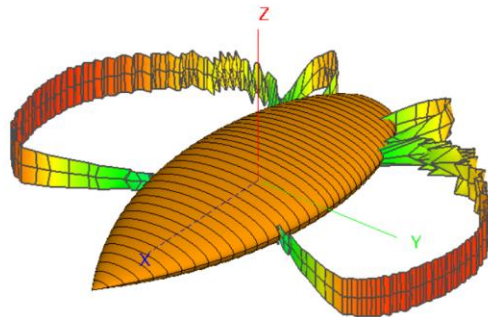
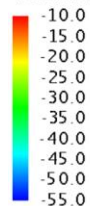
- 球体半径: 1m
- 网格尺寸:  $\lambda/10$
- 双站RCS仿真
- 求解器: CBFM-直接求解
- 支持介质

频率 (GHz)	电尺寸	网格数量	仿真时间 (H)	并行数
3 (球体)	20.1	251 772	2.635	20
4 (球体)	26.8	447 840	8.662	20
5 (球体)	33.5	699 960	21.974	20
6 (球体)	40.2	1 227 018	40.311	40
7 (球体)	46.9	<b>1 665 328</b>	74.764	56
20(杏仁体)	66.7	773 376	12.060	40



RCS [dBsm] (Frequency = 1 GHz- Plane Wave Theta = 0 deg- Plane Wave Phi = 0 deg- Phi = 0 deg) - Sphere CBFM

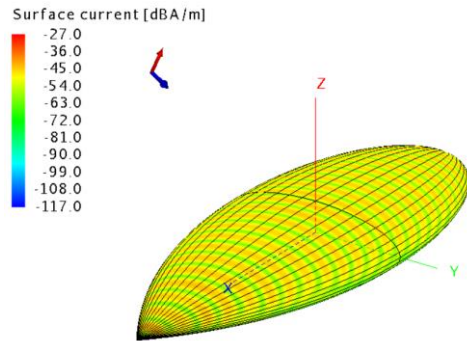
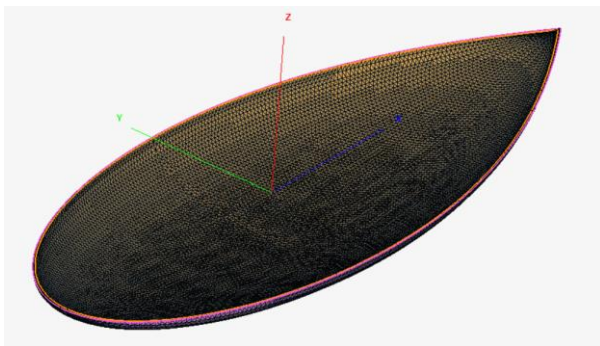
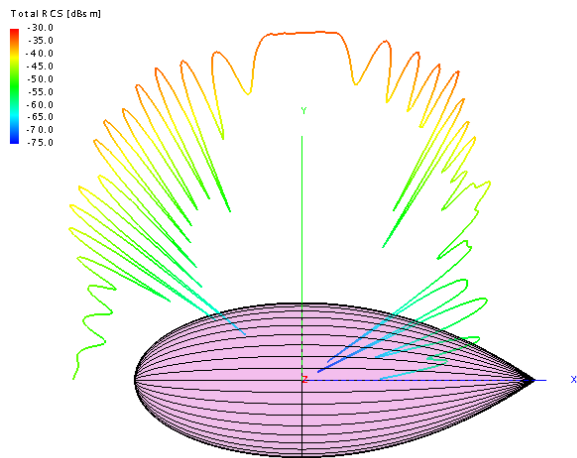
Total RCS [dBsm]



# 特征基函数支持介质求解

- 杏仁体+吸波涂层 实际建模RCS仿真
- 求解器：CBFM+MLFMM

频率[GHz]	网格规模	并行数量	仿真时间
60 (50倍)	介质: 58 788	28	1.087
80 (67倍)	介质: 131 736	28	5.233
120	介质: 234 912	28	14.733h
<b>150</b>	<b>金属: 207 656 介质: 210 572</b>	28	41.10h



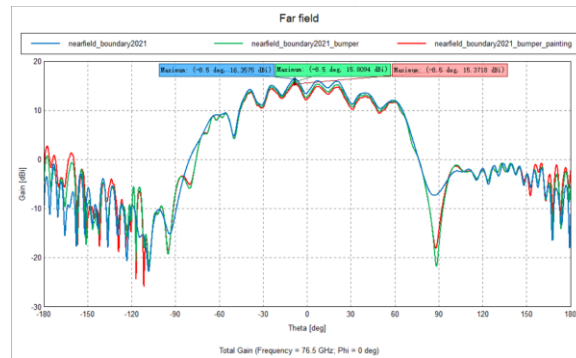
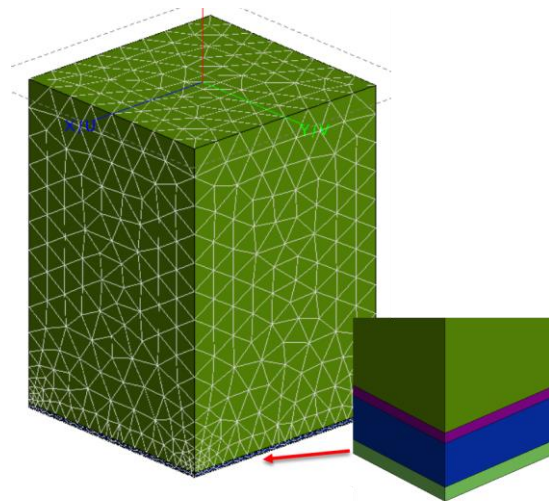
# ACC雷达保杠一体化仿真

- 保杠尺寸约：250mm\*130mm
- 天线取近场包络约：52mm\*68mm
- 分别计算仅有保杠基底材料（模型1）和考虑涂层（模型2）的情况
- 收发共6通道计算资源统计：

	网格数量	工况数	并行数	内存[GB]	计算时间 [小时]
模型1	643 696	6	24	115	4.213
模型2	1 581 124	6	56	486	3.520

Intel(R) Xeon(R) Gold 6348 CPU @ 2.60GHz; 2 physical CPUs with a total of 56 processors

Intel(R) Xeon(R) Gold 6136 CPU @ 3.00GHz; 2 physical CPUs with a total of 24 processors

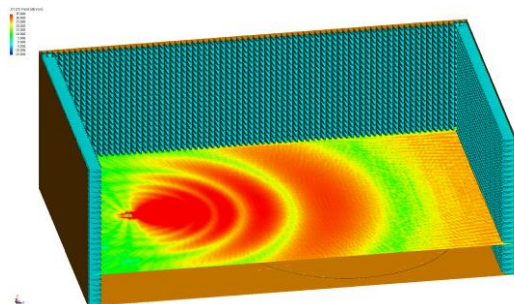
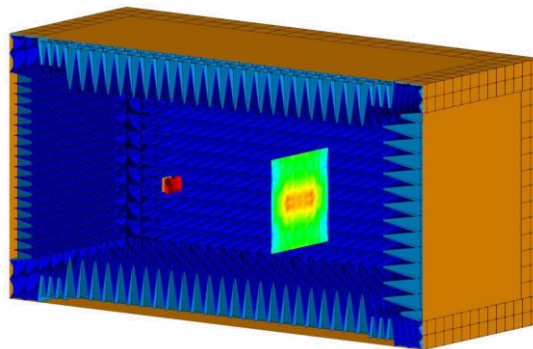
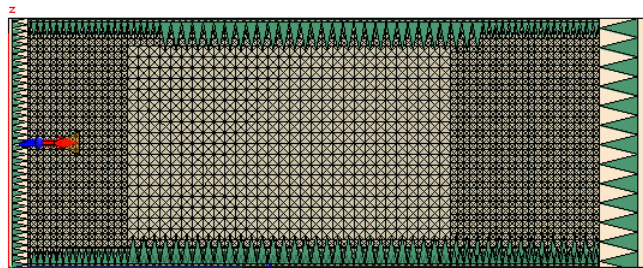




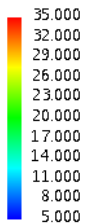
# 微波暗室仿真

- 暗室尺寸：10mX3mX4m
- 仿真频率：2GHz, 电尺寸66.7倍
- 求解器：MLFMM

模型说明	网格数量	并行数量	仿真时间[小时]
暗室+喇叭天线	金属: 1 668 110 介质: 5 753 476 总数: 7 421 586	40	4.059



XYZ E-Field [dB V/m]



```

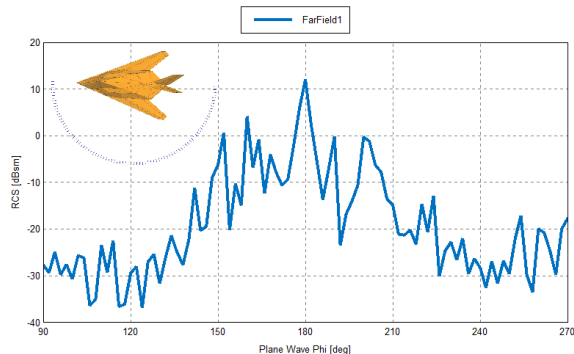
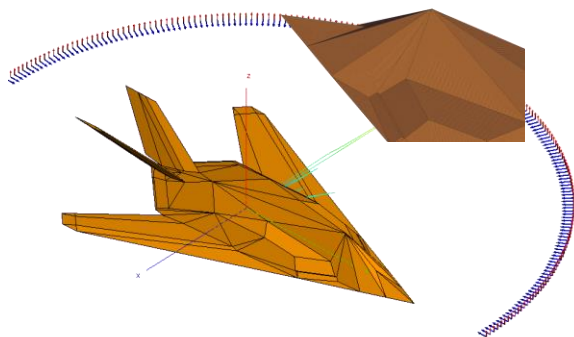
14 of 250 3.30568942E-01
15 of 250 2.55274799E-01
16 of 250 2.91251325E-01
17 of 250 2.69844207E-01
18 of 250 6.98242986E-01
19 of 250 2.75637737E-01
20 of 250 4.35504616E-01
21 of 250 6.07447960E-01
22 of 250 2.25763784E-01
23 of 250 1.66519665E-01
24 of 250 2.89030688E-01
25 of 250 8.47020990E-02
26 of 250 4.51267819E-02
27 of 250 4.11177043E-02
28 of 250 4.14438706E-02
29 of 250 2.41322464E-02
30 of 250 2.11265675E-02
31 of 250 1.50412540E-02
32 of 250 1.51926101E-02
33 of 250 1.10984779E-02
34 of 250 9.44682734E-03
35 of 250 2.05604683E-02
36 of 250 6.78744917E-03
Determination of the impedances and powers
----- 0% ----- 100%
Calculate the far field
(Power integration over full far field sphere)
Precomputation of far field tables for the MLFMM
----- 0% ----- 100%

```

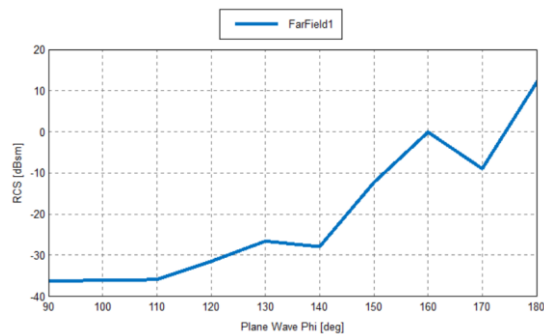
# 多层快速多极子仿真单站RCS

- 飞机尺寸：20.35米
- 入射角度：Theta=90, Phi=90~270°
- 仿真频率：
  - ✓ 2GHz (135波长) , 4GHz (270波长) , 步进1°
  - ✓ 8GHz (540波长) , 步进2°
  - ✓ 15GHz (1017波长), 24个入射角度; 22GHz, 10个角度

频率	求解方法	网格数量	仿真时间(小时)
2GHz	MLFMM	895,234	2.569
4GHz	MLFMM	3,584,468	12.967
8GHz	MLFMM	14,336,888	22.544
15GHz	MLFMM	<b>57,248,788</b>	45.527
22GHz	MLFMM	<b>90,701,504</b>	96.997



Total RCS [dBsm] (Frequency = 8 GHz; Plane Wave Theta = 90 deg) - F117\_8GHz\_MLFMM\_CFIE



Total RCS [dBsm] (Frequency = 22 GHz; Plane Wave Theta = 90 deg) - F117\_20GHz\_MLFMM\_CFIE



# THANK YOU

[altair.com](https://altair.com)



#ONLYFORWARD