

HFSS FULL BOOK v10 中文翻译版 568 页(原 801 页)

(分节 水印 免费 发布版)

微波仿真论坛 -- 组织翻译 有史以来最全最强的 HFSS 中文教程

感谢所有参与翻译,校对,整理的会员

版权申明: 此翻译稿版权为微波仿真论坛(bbs.rfeda.cn)所有. 分节版可以转载. [严禁转载 568 页完整版.](#)



推荐: EDA问题集合(收藏版) 之HFSS问题收藏集合 → <http://bbs.rfeda.cn/hfss.html>

- Q: 分节版内容有删减吗? A: 没有, 只是把完整版分开按章节发布, 免费下载. 带水印但不影响基本阅读.
- Q: 完整版有什么优势? A: 完整版会不断更新, 修正, 并加上心得注解. 无水印. 阅读更方便.
- Q: 本书结构? A: 前 200 页为使用介绍. 接下来为实例(天线, 器件, EMC, SI 等). 最后 100 页为基础综述
- Q: 完整版在哪里下载? A: 微波仿真论坛 (<http://bbs.rfeda.cn/read.php?tid=5454>)
- Q: 有纸质版吗? A: 有. 与完整版一样, 喜欢纸质版的请联系站长邮寄rfeda@126.com 无特别需求请用电子版
- Q: 还有其它翻译吗? A: 有专门协助团队之翻译小组. 除 HFSS 外, 还组织了 ADS, FEKO 的翻译. 还有正在筹划中的任务!
- Q: 翻译工程量有多大? A: 论坛 40 位热心会员, 120 天初译, 60 天校对. 30 天整理成稿. 感谢他们的付出!

Q: rfeda.cn 只讨论仿真吗?

A: 以仿真为主. 微波综合社区. 论坛正在高速发展. 涉及面会越来越广! 现涉及 微波|射频|仿真|通信|电子|EMC|天线|雷达|数值|高校|求职|招聘

Q: rfeda.cn 特色?

A: 以技术交流为主, 注重贴子质量, 严禁灌水; 资料注重原创; 各个版块有专门协助团队快速解决会员问题;

<http://bbs.rfeda.cn> --- 等待你的加入

RFEDA.cn

rf---射频(Radio Frequency)

eda---电子设计自动化(Electronic Design Automation)



RFEDA微波社区

微波仿真论坛 | 微波仿真网 | 博客 | 微波商城

bbs.rfeda.cn | www.rfeda.cn | blog | shop

微波|射频|仿真|通信|电子|EMC|天线|雷达|数值 ---- 专业微波工程师社区: <http://bbs.rfeda.cn>

致谢名单 及 详细说明

<http://bbs.rfeda.cn/read.php?tid=5454>

一个论坛繁荣离不开每一位会员的奉献
多交流, 力所能及帮助他人, 少灌水, 其实一点也不难

打造国内最优秀的微波综合社区

还等什么? 加入 RFEDA.CN 微波社区

我们一直在努力

微波仿真论坛

bbs.rfeda.cn

RFEDA.cn

rf---射频(Radio Frequency)

eda---电子设计自动化(Electronic Design Automation)

第二节 网格

网格操作

一) 本章对 Ansoft HFSS v10.0 软件的网格划分提供细节。这里将讨论弯曲部分的默认网格划分，用户在其中的控制，以及在矩阵求解中使用的新的**体积修正 (volume correction)** 功能。下面讨论的话题有：

1. 曲面几何体网格自适应
2. 面 (Faceting) 默认设置
3. FEM 求解中的体积混乱
4. 用户定义表面近似
5. 使用建议
6. 模型解析
7. 应用网格操作

二) 例子/基准

1. 标准的圆柱 (pillbox) 谐振腔
2. 开槽的半球介质谐振天线
3. 加速器轮辐腔应用
4. 圆波导正交本征模接头 (OMJ)

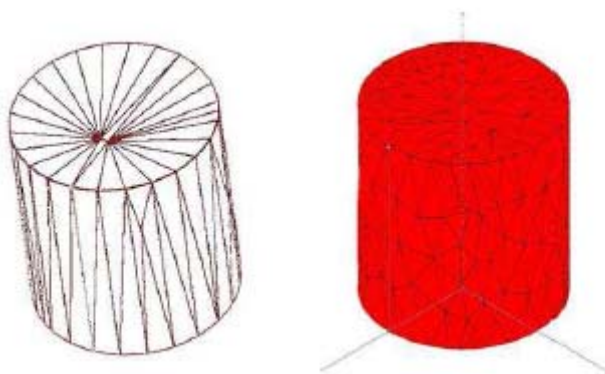
一. HFSS v10.0 中的曲线网格自适应

一) HFSS v10.0 网格在处理弯曲表面时和 HFSS 以前的版本不一样。适当理解在弯曲网格处理方面和 HFSS v10.0 求解器中的新功能的优势方面的不同对于获得准确的结果是有必要的。

1. 新的画图界面鼓励使用真实弯曲画法，通过去掉给一个原始结构（如圆，圆柱，球，椭圆等）指定一个面计算的选项来实现。

1) 然而如果仍想得到，有平面的原型依然可以作为多面体和多面的立体。

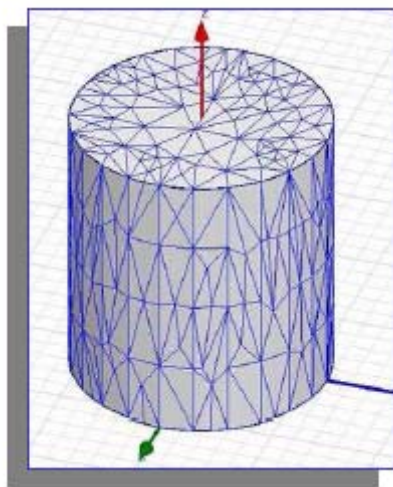
2. 初始网格由网格运算法则的第一步得到的面结果约束。然而在前面版本的 HFSS 中，自适应网格点可以被放置在起作用的物体的真实表面上的任何地方，就像下面图片的前前后后所展示的那样。（左边是初始网格，右边是自适应网格。注意在自适应网格变更之后，规则的分面不再持续。）



F.4.2.1

3. 然而对于 HFSS v10.0，为了给更加复杂的几何体提供更加稳健的网格划分，对弯曲物体所

做的初始面选择着眼于整个自适应过程，所以自适应网格是与初始网格具有相同网格划分的体积的再分变化。一组来自 HFSS v10.0 的自适应网格如下所示。

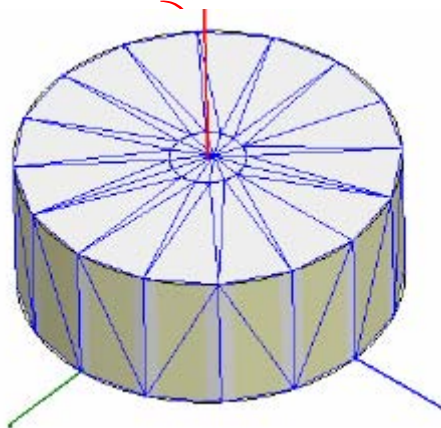


F.4.2.2

二. 面划分器默认设置

一) 为了使初始网格保持合理的尺寸，初始面划分默认设置强制网格表面法线落在真实曲面法线的 30 度范围之内。

1. 这意味着圆柱表面将在它的圆周上被“面分割”为 16 段，如下图所示。
2. 每个平面部分的法线不能偏离这个平面部分正在近似的真实弯曲表面的法线超过 30 度。



F.4.2.3

3. 尽管现在有 HFSS v10.0 中使用的 Volume Perturbation 技术作辅助，但这并不预示着这个默认的面划分会足够解决谐振腔体，球状体等非常高精度的分析。

4. 这个面划分默认并不包括严苛的纵横比默认（注意顶部和底部圆柱表面的长三角形）

二) 然而这个默认对于大多数应用已经够用了。这些应用中的弯曲几何体本身对于仿真结果的要求并不是非常苛刻，但是在面分割较多的地方将会造成非常大的初始网格。

1. 举例来说，可适用于：

- 1) 具有信号和非信号通路的传输线模型的网格划分出现在带状线或 CPW 结构中来防止平

行板模式。

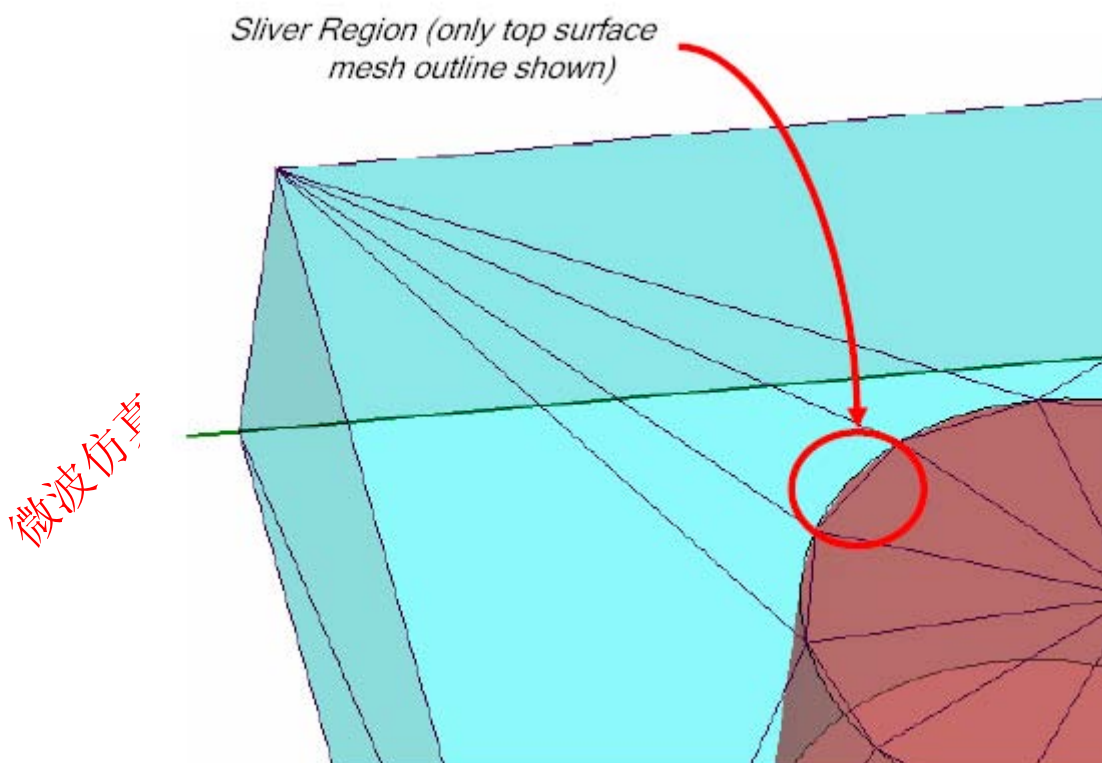
- 2) 同轴应用, 这里内半径和外半径的面划分为得到特性阻抗的结果而保持一个合适的有效距离。
 - 3) 作为辐射边界使用的圆柱和球体。
2. 较少地应用于:
- 1) 圆柱腔谐振达到 0.001% 频率精度
 - 2) 椭圆波导耦合窗
 - 3) 圆波导

三. HFSS 求解中体积微扰的介绍

一) 尽管在自适应进程增加网格点的同时, 会有更低的面划分“顺从”真实弯曲几何体, HFSS v10.0 还是引进了一项新的求解技术, 这项技术能够从比先前的版本小得多的网格计算中获得更加精确的解。这项技术被称为体积微扰或体积修正。

1. 一个圆柱立体的一个面网格中, 小弧度部分的体积被圆柱体遗失, 成为圆柱周围体积的部分。
2. 因为真实几何体的轮廓在面划分之前已经知道, 所以这些长条区域中的每一个造成的体积差都是可以计算的。
3. HFSS v10.0 中的网格运算法则可以为四面体边心结点的位置和弯曲边界任何一侧的四面体体积提供“调整因素”, 这样 FEM 求解就可以在一种宽松的离散化网格下在正确的条件下进行。
4. 最终结果是在相同网格条件下得到更高的精确度, 即使不考虑自适应网格细化的优点。

二) 体积微扰求解始终是打开的。不需要用户设置来激活。

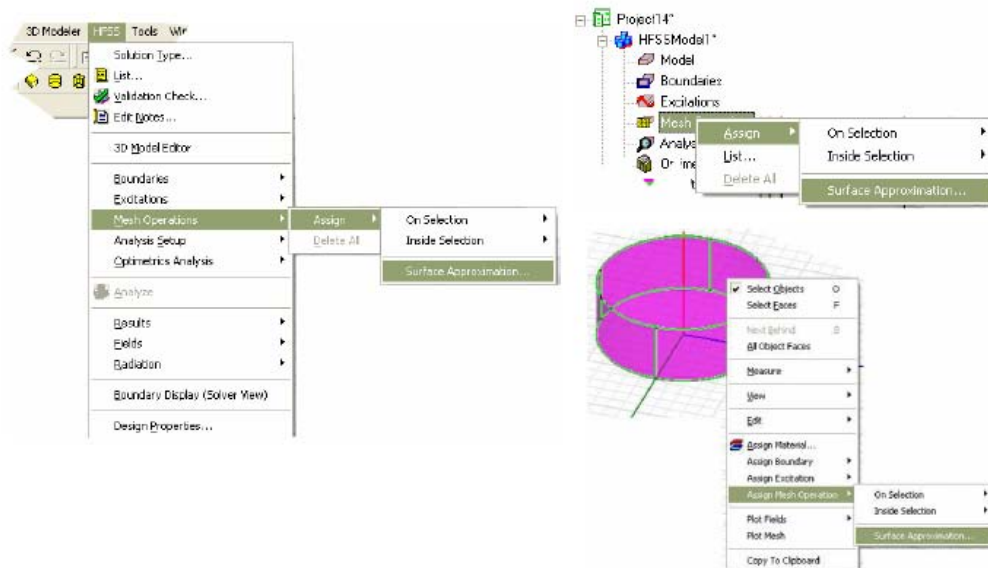


F. 4.2.4

四. 弯曲网格面划分的用户控制

一) 因为体积微扰本身不是一直满足要求, 使用者可以通过对适当的对象和/或目标表面设定 Operation Surface Approximations 来控制几何曲率的初始网格面划分时遵照的精度。

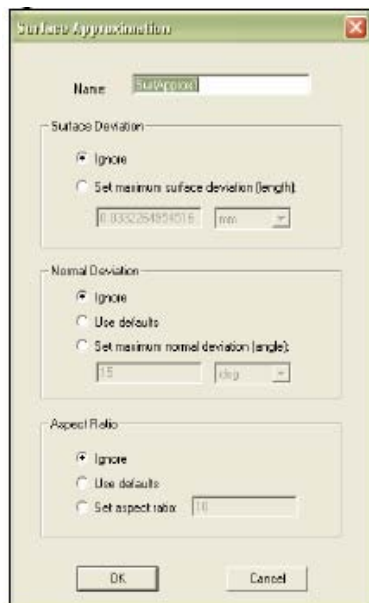
1. Mesh Operations 可以从 **HFSS** 菜单中, 从 Design Tree 中或从几何分界面的环境相关菜单(就是下拉菜单)中设定。



F. 4.2.5

2. 表面近似选项如下所示。下面是解说:

- 1) *Surface Deviation* 是最大间隔, 单位的作图的单位, 四面体表面可以来自真实弯曲几何体的表面。
- 2) *Normal Deviation* 是四面体表面法线同你要描绘的真实几何体的表面法线之间的最大角度差, 单位是度。
- 3) *Aspect Ratio* 涉及到选中的物体或表面的所有四面体的所有面所允许的纵横比的最大值。这个设置比实际的网格体积或表面位置更能影响网格质量。



F. 4.2.6

二) 每一个设置能够被激活, 设为默认, 或完全关掉。

1. **Ignore** 意思是在产生初始网格时不会对这个强制进行赋值, 甚至对于没有表面近似指令设置, HFSS 同样不设置。
2. **Use Defaults** 在内部构造设置中留下了强制约束, 如果你不想加密这个结构也不想使结构无效的话选择它。
3. **Set...** 当然用于提供一个用户强制值, 这个强制值可能比用于无特殊说明的内部构造强制值或紧或松。
 - 1) 设置比默认较松的强制值可能也需要把邻近的物体设为相同宽松的的强制值, 从而不会使默认在接口处优先。

五. 使用建议

一) 不要重复指定。

1. 一般说来, 通过运行更多的自适应迭代或增加附加的网格指令, 增加网格比减少网格容易。
2. 太平滑的设置 (例如 1 度的法线偏离) 可能因为纵横比, 和周围物体之间不好的网格梯度等原因造成不好的网格质量。

二) 和垂直面或表面偏离设置一起使用纵横比设置。

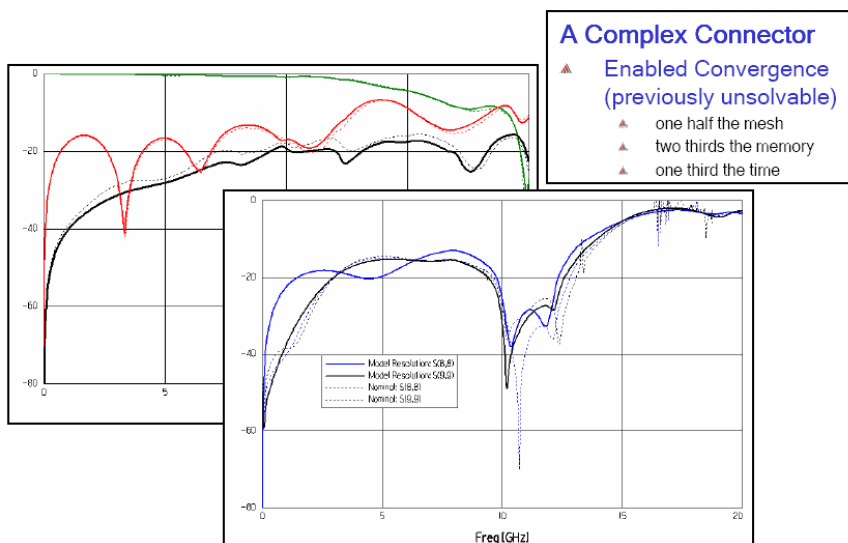
1. 对于圆柱类型物体曲面和平面相交的地方, 垂直面和表面偏离设置只用于弯曲表面。最好还是设置一个纵横比 (比如 4: 1), 这会在平面上强制生成几个附加三角形, 并帮助保存更清洁的全部网格。

三) 如果用于 ‘减少’ 网格可以考虑使用多面体或多边形。

1. 如果你的设计有许多弯曲的物体, 而这些物体你只希望很粗糙地划分网格 (例如接地通孔的整个栅栏, 对它来说 30 度的默认法线偏离并不必要), 而且你的几何体不是导入的, 考虑把通孔画作六边形的或者干脆画成方形的, 胜于还得 ‘记住’ 要降低对它们的网格划分的逼真度。

六. 模型分解

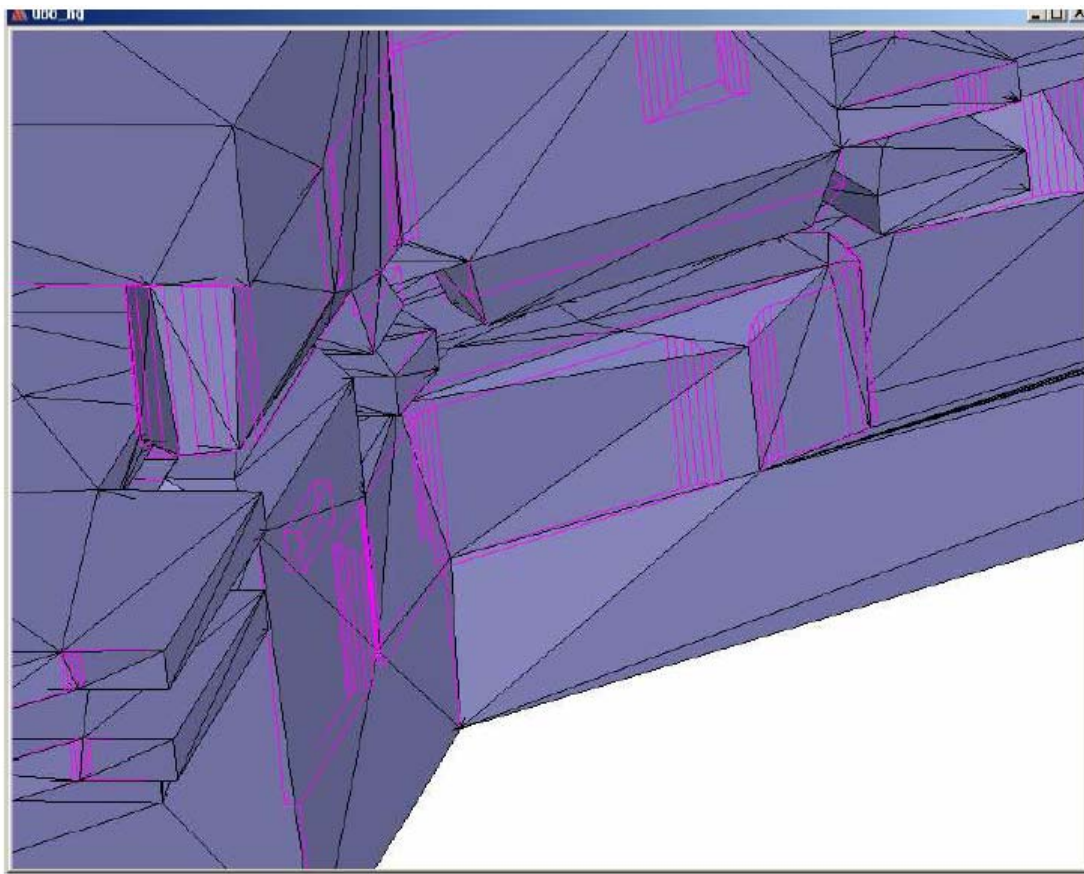
- 一)模型分解使模型收敛并减少计算时间。在先前的版本中如果四面体的数量太大，求解器用耗尽内存。它会一直试图在模型并不重要的区域增加网格成分。现在有了模型分解，我们可以降低网格大小，从而在内存成为问题之前在实际上获得收敛。
- 二)模型分解是一个基于长度的量，它改变初始的网格。这一网格操作允许用户为网格中使用的任何一个四面体指定一个最小的边缘长度。通过给一个四面体指定一个最小边缘长度，网格器将必须对电上可能不重要的几何细节粗糙地划分网格。这为求解器节约了大量的求解时间，因为初始网格更小了，网格器不必对电上不重要的区域增加网格分量。
- 三)当解决因为具有小的几何细节而具有很高纵横比的模型时，开始时使用最薄导体的 $1/10$ 到 $1/20$ 做模型分解。然后根据需要调整这个值。



F.4.2.7

四)实际例子

1. 这是一个得益于模型分解的复杂设计的一部分。灰色的轮廓是简化的模型。粉红色线是原模型细节，因为网格操作而被移动了。原模型的初始网格具有 184,675 个四面体。模型分解之后，初始网格为 24,691 个四面体。



F. 4.2.8

七. 网格操作应用

一)如果你想在面或体上细化网格而又不想得到解, 定义好网格操作之后做下面的操作:

1. 如果当前的网格已经生成, HFSS 会使用定义的网格操作细化它。
2. 如果当前的网格没有被生成, HFSS 会使用网格操作来初始化网格。
3. 如果初始网格没有被生成, HFSS 会生成它并将网格操作应用于初始网格。
4. 如果定义的网格操作已经应用于选中的面或物体, 当前的网格将被改变。
5. 定义一个新的网格操作胜于修改一个已经存在的网格操作。HFSS 不会再使用一个已经修改过的网格操作。应用网格操作而不求解能够让你在一些问题区域中对网格细化进行练习而不会失去设计的求解结果。你不能撤消已使用的网格操作, 但是你可以通过关闭工程而不保存来放弃操作。

第三节 举例

标准的圆柱 (pillbox) 谐振腔

一. 来源: (规范的)

二. 描述

一个圆柱 (pillbox) 谐振腔是一个简单的圆柱腔体, 它的精确谐振的解析解如下:

$$f_r^{TE_{mnp}} = \frac{c_\epsilon}{2} \sqrt{\left[\frac{q_{nm}^2}{(\pi b)^2} + \frac{p^2}{l^2} \right]}$$
$$f_r^{TM_{mnp}} = \frac{c_\epsilon}{2} \sqrt{\left[\frac{p_{nm}^2}{(\pi b)^2} + \frac{p^2}{l^2} \right]}$$

1. (n,m,p) 次 TE 和 TM 模的方程, 这里的 p 是腔体轴线方向半波变化的数量。

2. p_{nm} 和 q_{nm} 表示贝赛尔函数零点或它们的派生物。

3. b 是腔体半径, l 是腔体高度。

4. c_ϵ 是填充介质中的光速。

三. 基准

一) 一个 $b=10\text{cm}, l=10\text{cm}$ 圆柱物体被创建。

二) 腔内是真空; 壁边界是良导体。

三) 要求求解三个本征模, 使用表面近似改变法线偏离。

1. $norm$ 从 5 度到 45 度变化, 步长为 5 度。

2. $Aspect\ ratio$ 设为 5: 1; 表面偏离设为 “忽略 (ignore)”。

3. 求解设置以 0.25GHz 为起始频率 (通过表面近似设置确保起始频率不会会增加网格超过那些设置)

4. 求解会继续到 0.01% Δf (实部)或 10 次迭代, 以首先达到的为准。

四) 结果对比理论计算的表格如下页所示

1. 贝赛尔函数零点会被计算到大约小数点后五位 (例如 $p_{11}=1.84118$)

2. 使用的光速为 299792458m/s

四. 结果

Normal Deviation (deg)	HFSS TM010 Result (GHz)	Delta vs. Theory (%)	HFSS TE111 Result 1 (GHz)	HFSS TE111 Result 2 (GHz)	Avg. Delta vs. Theory (%)	Final Tetrahedra Count	Final Delta-f Convergence (%)
5	1.147406	0.001482	1.7361	1.736118	0.0756005	3347	0.0067755
10	1.147345	0.006798	1.73307	1.733154	0.2480399	2670	0.0077428
15	1.147124	0.026058	1.72758	1.727638	0.5647448	1882	0.022301
20	1.146748	0.058827	1.7192	1.719607	1.0370537	1060	0.042848
25	1.146623	0.069721	1.71165	1.712348	1.4632887	1087	0.040982
30	1.146196	0.106935	1.69707	1.697355	2.3142622	1008	0.052023
35	1.145602	0.158703	1.68868	1.688798	2.8019963	890	0.12154
40	1.144962	0.214481	1.67654	1.677916	3.4645009	887	0.033112
45	1.144962	0.214481	1.67654	1.677916	3.4645009	887	0.033112

F. 4.3.1

五. 观察

一) 在有高次模的情况下, 绝对错误是因为不考虑法线偏离面划分应用, 高频的模式更高。

1. 因为一些求解依赖于‘起始’频率, 这也是意料之中的。
2. 增加自适应分量在各个模式之间‘共享’。但是高次模与那些基础模式相比具有更多‘聚焦’的场最大值。所以对低次模更加快速的改进是自适应技术的产物, 并非一个体积修正就能有力地影响。
3. 注意对于更高频率模式更高精确度的分析, 求解可以按照想要找到最低频率模式的求解设置来执行。
4. 对于基模求解甚至 22.5 度设置都会比 0.05% 误差得到更好的结果。

二) 40 和 45 度的案例拥有同样的网格和结果。

1. 当习惯于‘减少’网格时, 其它质量监视可能仍然对结果进行约束, 而不仅仅是表面近似设置要求的那样。

六. 总结

对于简单规范形状和基模, 增加面分割是不必要的, 除非有非常高的精度要求。

例二: 开槽的半球介质谐振天线

一. 来源:

张 K. So 和 K. W. Leung, “具有后腔的环形缝隙激励的介质谐振天线,” 2002 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, TX, June 2002, Volume 4

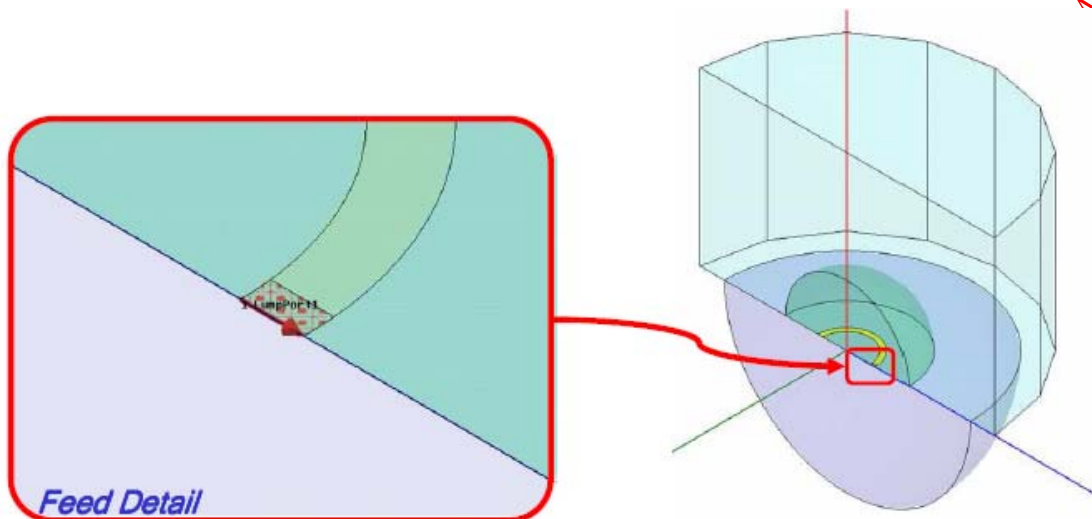
二. 描述

一个半球介质谐振腔天线 (DRA) 由一段通过环孔缝隙的同轴电缆馈电。这个环孔缝隙把这个 DRA 连接到它下面的半球腔体上。这个工程是一个球体和平面圆弧的结合, 它将为体积修正方法的有用性提供有力的证据。源文献提供了来自作者的分析结果和测量结果。

三. 基准

一幅建模的几何体的图如右下所示。

1. 使用对称 (1 个平面)
2. 腔体 (真空填充) 半径为 25mm; DRA 半径为 12.5mm。DRA 材料介电常数为 9.5。
3. 环孔外半径 5.8mm, 宽 1mm。
4. 馈电由一个跨越环孔的集总缝隙源端口实现。(见细节图)
5. 一个 30mm 半径 35mm 高的多面体 (16 面) 被用来做辐射边界。
1) 底部地面作‘无限地面’边界条件处理。



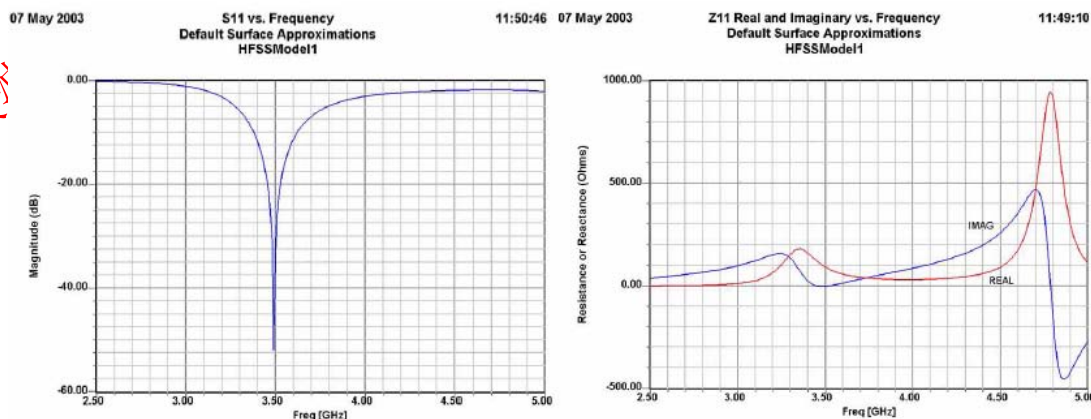
F.4.3.2

6. 求解只要求使用 *default* 表面近似

- 1) 10 个自适应过程或在 3.25GHz 的自适应频率达到 0.01 的 delta-S。
- 2) 要求 2.5-5GHz 的快扫描。

四. 结果:

- 一) 下面是 S11 vs. 频率的图和 Z11 的实部和虚部 vs. 频率的图。
- 二) 结果与源文献报告的测量结果几乎完全一致, 而且与源文献的分析相比更接近测量值。
- 三) HFSS v8.5 求解事实上得到了相同的结果, 但是需要大约四倍的网格数。
1. 3324 个网格在第八次迭代 (v10) vs.13, 300 个网格在第十一次迭代 (v8.5)



F. 4.3.3

五. 总结:

一) 这是一个体积微扰非常适用的工程的例子, 这里的介质微扰通过提供适当的介质谐振体积来实现的。

1. 过去每个圆周拥有多达 24 个面而不使用体积微扰的实验证实了一个显著的频率错误, 所以在这个成功里新的求解能力所起的作用显而易见。

二) 在所有条件下甚至是默认情况下求解的精度都非常好, 大大超过了 HFSS v8.5 的能力。

1. 第二次仿真使用了 15 度的法线偏离得到了同样的结果和很好的收敛性, 依然打败了 HFSS v8.5 所需的网格。

例三: 加速器轮辐腔应用

一. 来源:

<http://www.jlab.org/~piller/spoke/spoke.htm>

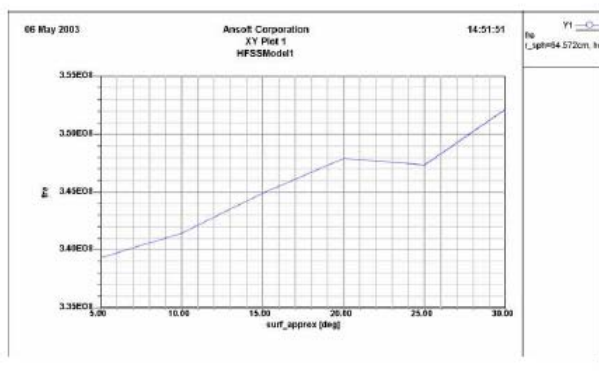
二. 描述:

一个用于离子加速器的轮辐腔。这个变量是一个‘低 Beta’类型。腔体由一个从平面端减去球形部分的圆柱体组成。‘轮辐’是一个轴线与主腔体轴线正交的更小的圆柱体, 在直径上穿过中心线。有一个输入/输出波束管与主腔体同轴运转, 离开两个球状终端。因为对称这些腔体经常用 PHC 边界来分析整个模型的 1/8。

三. 基准:

一幅来自 HFSS 图形界面的模型腔体几何图如下所示。

1. 主腔体半径 21.908cm, 高 25.4cm。
2. 减去的球体半径为 64.572cm。
3. 轮辐半径为 3.81cm, 波束管半径 1.359cm。
4. 在法线偏离从 5 度到 30 度的情况下求解 (作为参数扫描)
 - 1) 求解设置 10 步或 delta-f 为 0.01% (实部)
 - 2) 波束端口设为 PHC 边界, 端口负载并不包含在这些仿真结果之中。



F. 4.3.4

四. 结果:

微波仿真论坛 (<http://bbs.rfeda.cn>) 组织翻译

原创: 微波仿真论坛(<http://bbs.rfeda.cn>) 协助团队 HFSS 小组 --- RFEDA.cn 拥有版权

<http://www.rfeda.cn> <http://bbs.rfeda.cn> <http://blog.rfeda.cn>

- 一) 一幅求解得到的谐振频率 vs. 使用的法线偏离表面近似设置的曲线如上左图所示。表格结果在下面，包括网格和误差稳定性。
- 二) 参考站点指出使用一种对该腔体不同的求解方法得到了 338.048MHz 的谐振频率，但测量结果得到的是 348.578MHz。两者的 Delta 如下表所示。

Normal Deviation (deg)	f_r (MHz)	Delta vs. Ref. Analysis (%)	Delta vs. Ref. Measurement (%)	Final Tetrahedra Count	Final Delta-f Convergence (%)
5	339.332	0.379827717	2.652490978	21160	0.0021053
10	341.486	1.017015335	2.034551808	9425	0.011095
15	344.907	2.029001799	1.053135884	4246	0.10175
20	347.903	2.915266471	0.19364389	3356	0.1472
25	347.353	2.752567683	0.351427801	3757	0.016916
30	352.195	4.184908652	1.037644372	2601	0.3341

F. 4.3.5

五. 观察:

- 一) 因为参考分析和测量并不匹配，两者都不能作为 HFSS 结果的绝对精确性的有效参考。
1. 测量是对一个在波束管处拥有端口负载和一个探针环的腔体进行测量，而这些东西本身会对结果造成轻微影响。
- 二) 随着法线偏离约束变得越来越严格，谐振频率变化的趋势非常接近线性。
- 三) 在步数相同的情况下更细密的面划分会得到更好的报告收敛性。
- 四) V8.5 在求解的最后一步之后仍然不能达到低水平的收敛性。所以它只是一致地接近 HFSS v10 最精确的解。使 HFSS v8.5 的解达到好的收敛性胜于 HFSS v10 报告的有限数量的四面体获得更多的网格。

六. 总结:

网格不会产生不适当的体积填充或明显不正确的结果。这是一个几何类型，对于这种类型提高面划分程度只是改善结果的收敛度和最终结果的输出。

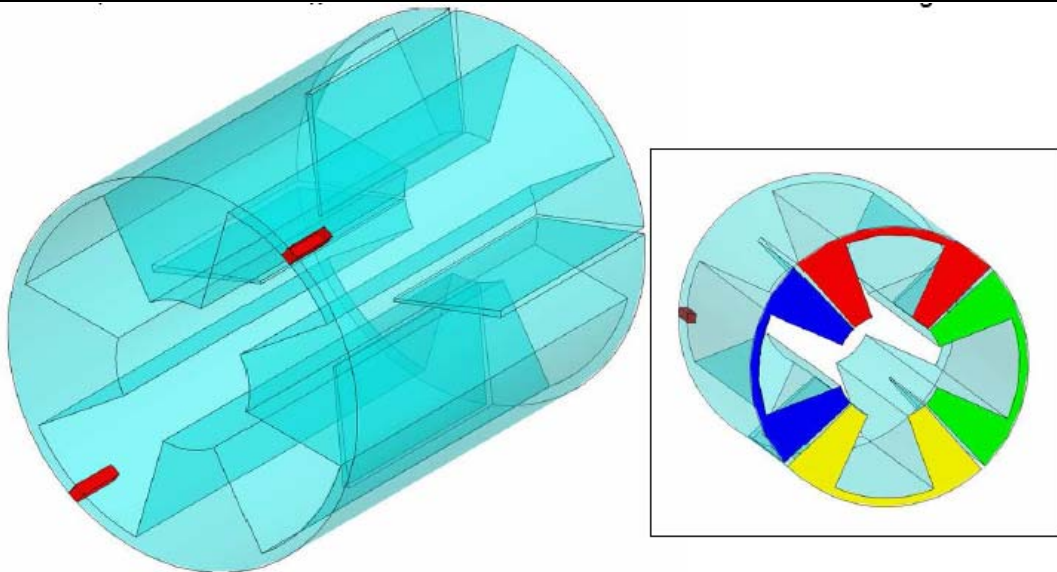
圆波导正交本征模接头(OMJ)

一. 来源:

Henry Z. Zhang, “一种使用脊形波导的宽带正交模接头,” Proceedings of the 2002 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, TX, June 2002, Volume 4

二. 描述:

这个四分之一波长正交模接头(OMJ)使用一种锥形的隔板将一个圆，同轴，方脊波导变换成四个形状合适的脊波导。这个波导拥有和矩形单脊波导 analogous 的模式。锥形隔板用圆形横截面截断的应用在实际画图是很必要的。



F.4.3.6

三. 基准:

一) 几何模型如上图所示, 尺寸如下:

1. 外半径 160mm, 脊直径 150mm, 中心直径 60mm。
2. 脊对应角度为 45 度, 有 90 度的均匀间隔。
3. 隔板对应 2 度, 延伸半个建模部分的长度 (400mm)。
4. 两个 $\epsilon_r = 1.001$ (红色区域) 的小“干扰”被插入波导一端来为简并模状态提供稳定性。

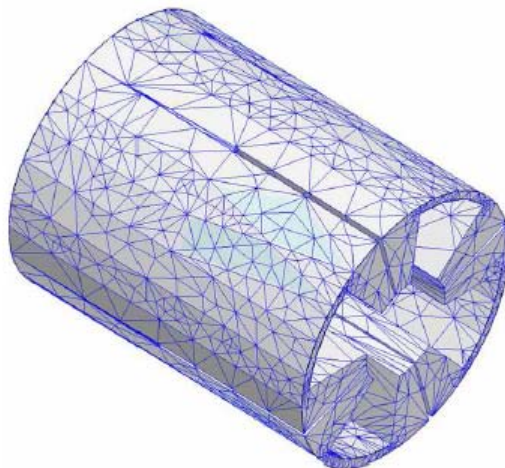
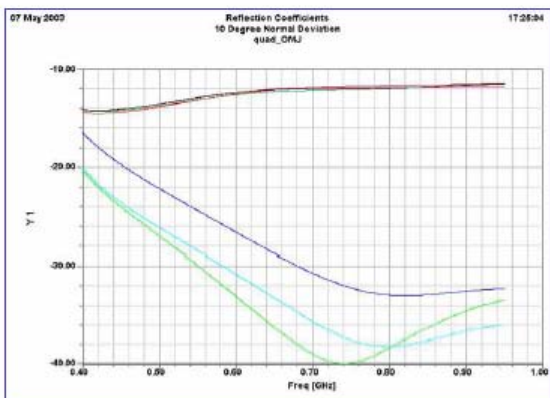
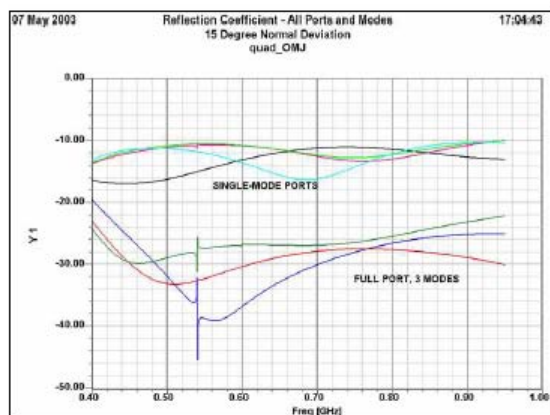
二) HFSS v10 工程由 v8.5 工程和求解网格表面近似设置直接转化生成,

1. 900MHz 自适应, 400-950MHz 扫频。
2. 10 步或达到 0.009 的 Delta-S。
3. 允许 10 和 15 度的法线偏离。

四. 结果:

一) 求解结果如下所示, 关注回波损耗。

1. 15 度法线偏离的结果依然不稳定。
 - 1) Delta-S 为 0.0342; 最终网格为 16, 177 个四面体。
 - 2) 10 度法线偏离的结果令人满意。
 - 1) Delta-S 为 0.00752; 最终网格为 15, 897 个四面体 (如图)。



..cn

F.4.3.7

五. 总结:

- 一) 由于脊峰处很窄的环形缺口, 这种几何类型不使用以更细密的表面近似设置为形式的用户向导只会得到不好的网格划分, 这种几何类型也提供了一个例子证明了这样的指导是必需的。
- 二) 然而, 10 度面划分时比 15 度面划分时结果收敛性更好, 最终的网格数更小。所以在几何案例中, 为了得到好结果而需要表面近似的地方, 并不意味着更长的求解时间。

完整版 目录

版权申明: 此翻译稿版权为微波仿真论坛(bbs.rfeda.cn)所有. 分节版可以转载. [严禁转载 568 页完整版](#)
如需纸质完整版(586 页), 请联系 rfeda@126.com 邮购

封面.pdf
hfss_full_book中文版.pdf
002-009 内容简介
绪论
010-021 HFSS 用户界面
022-051 创建参数模型
第一章 Ansoft HFSS参数化建模
052-061 边界条件
062-077 激励
第二章 Ansoft HFSS求解设置
078-099 求解设置
第三章 Ansoft HFSS数据处理
100-125 数据处理
第四章 Ansoft HFSS求解及网格设定
126-137 求解循环
137-155 网格
第五章 天线实例
160-181 超高频探针天线
182-199 圆波导管喇叭天线
200-219 同轴探针微带贴片天线
220-237 缝隙耦合贴片天线
238-259 吸收率
260-281 共面波导(CPW)馈电蝶形天线
282-303 端射波导天线阵
第六章 微波实例
306-319 魔T
320-347 同轴连接器
348-365 环形电桥
366-389 同轴短线谐振器
390-413 微波端口
414-435 介质谐振器
第七章 滤波器实例
438-457 带通滤波器
458-483 微带带阻滤波器
第八章 信号完整性分析实例
486-525 低压差分信号(LVDS)差分线
526-567 分段回路
568-593 非理想接地面
594-623 回路
第九章 电磁兼容/电磁干扰实例
624-643 散热片
644-665 屏蔽体
第十章 On-chip无源实例
668-697 螺旋形传感器
第十一章 相关知识补充
698-757 综述
760-801 边界与激励
致谢.pdf