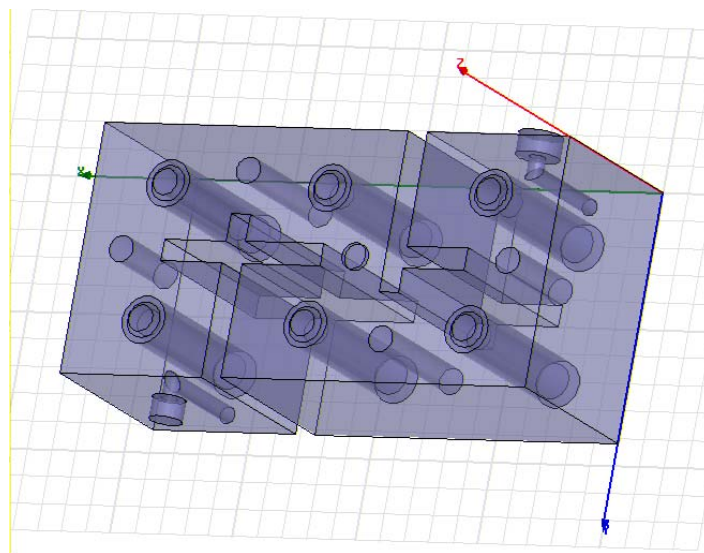


HFSS9.0与腔体滤波器设计



HFSS9.0介绍

- HFSS9.0提供了更为简洁直观的用户设计界面、精确自适应的场求解器、拥有空前电性能分析能力的功能强大后处理器，能计算任意形状三维无源结构的s-参数和全波电磁场。
- 提高研发效率的最佳选择
强大的绘图功能
与AutoCAD完全兼容，完全集成ACIS固态建模器。
无限的undo/redo
多个物体组合、相减、相交布尔运算
动态几何旋转
点击物体选择/隐藏
二维物体沿第三维扫描得到三维物体
宏记录/宏文本
锥螺旋、圆柱和立方体的参数化宏
可选的“实表面”几何体
在线关联帮助以加快新功能的应用。

•先进的材料库

综合的材料数据库包括了常用物质的介电常数、渗透率、电磁损耗正切。用户在仿真中可分析均匀材料、非均匀材料、各向异性材料、导电材料、阻性材料和半导体材料。对不可逆设备，标配的 **HFSS**可直接分析具有均匀静磁偏的铁氧体问题，用户还可选用**ANSOFT 3DFS**选件以完成铁氧体静磁 **FEM**的解算仿真。

•模型库

ANSOFT HFSS含有一宏大的库，用该库可参数化定义标准形状：

微带**T**行结

宽边耦合线

斜接弯和非斜接弯

半圆弯和非对称弯

圆螺旋和方螺旋

混合**T**接头

贴片天线

螺旋几何

•强大的宏


用户可登录到非常易读完整的作图和仿真的宏文件中。利用置于宏语言中的自动记录和重放功能，即可执行参数化仿真。在重放时宏即时提示几何尺寸，使用户能基于名义结构创建几何库，随后对名义结构进行仿真得出设计曲线、几何敏感性和最优化设计。

•强大的天线设计功能

计算天线参量，如增益、方向性、远场方向图剖面、远场3D图和3dB带宽。绘制极化特性，包括球形场分量、圆极化场分量、Ludwig第三定义场分量和轴比。

二分之一、四分之一、八分之一对称模型并自动计算远场方向图。

频率扫描技术



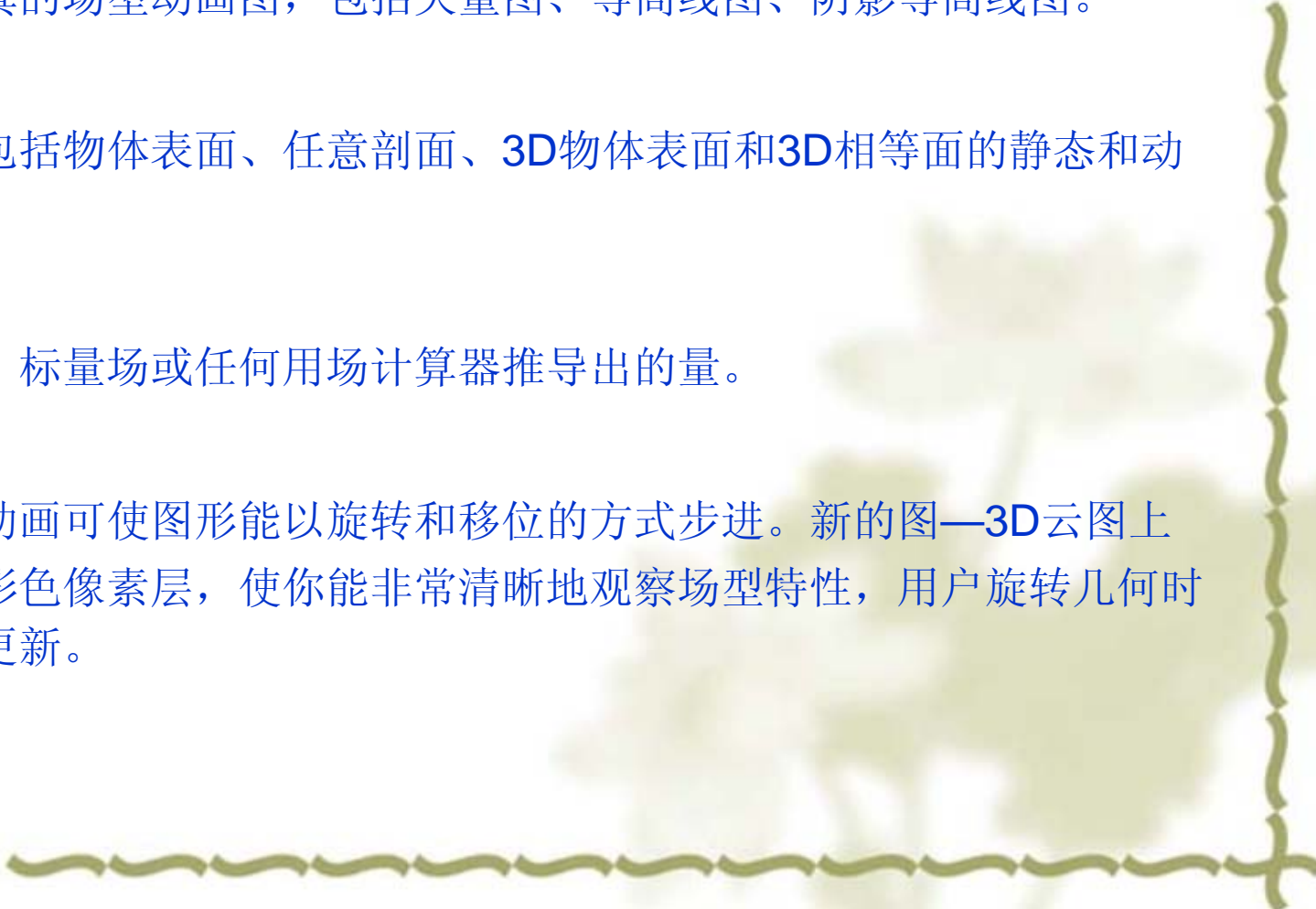
●强大的场后处理器

产生生动逼真的场型动画图，包括矢量图、等高线图、阴影等高线图。

任意表面，包括物体表面、任意剖面、**3D**物体表面和**3D**相等面的静态和动态图形。

动态矢量场、标量场或任何用场计算器推导出的量。

动态的表面动画可使图形能以旋转和移位的方式步进。新的图—**3D**云图上有一薄薄的彩色像素层，使你能非常清晰地观察场型特性，用户旋转几何时图形会实时更新。



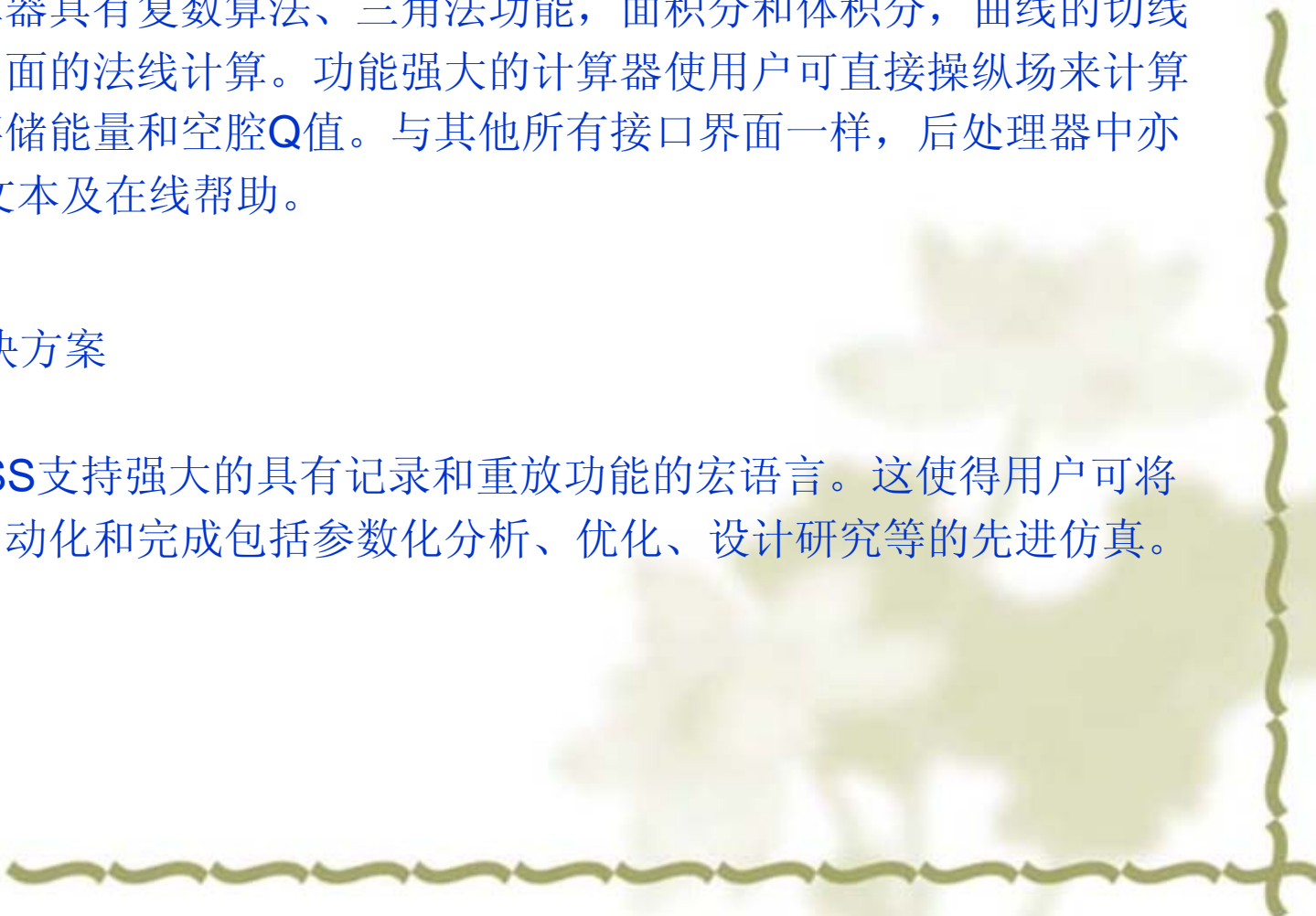


- 强大的场计算器

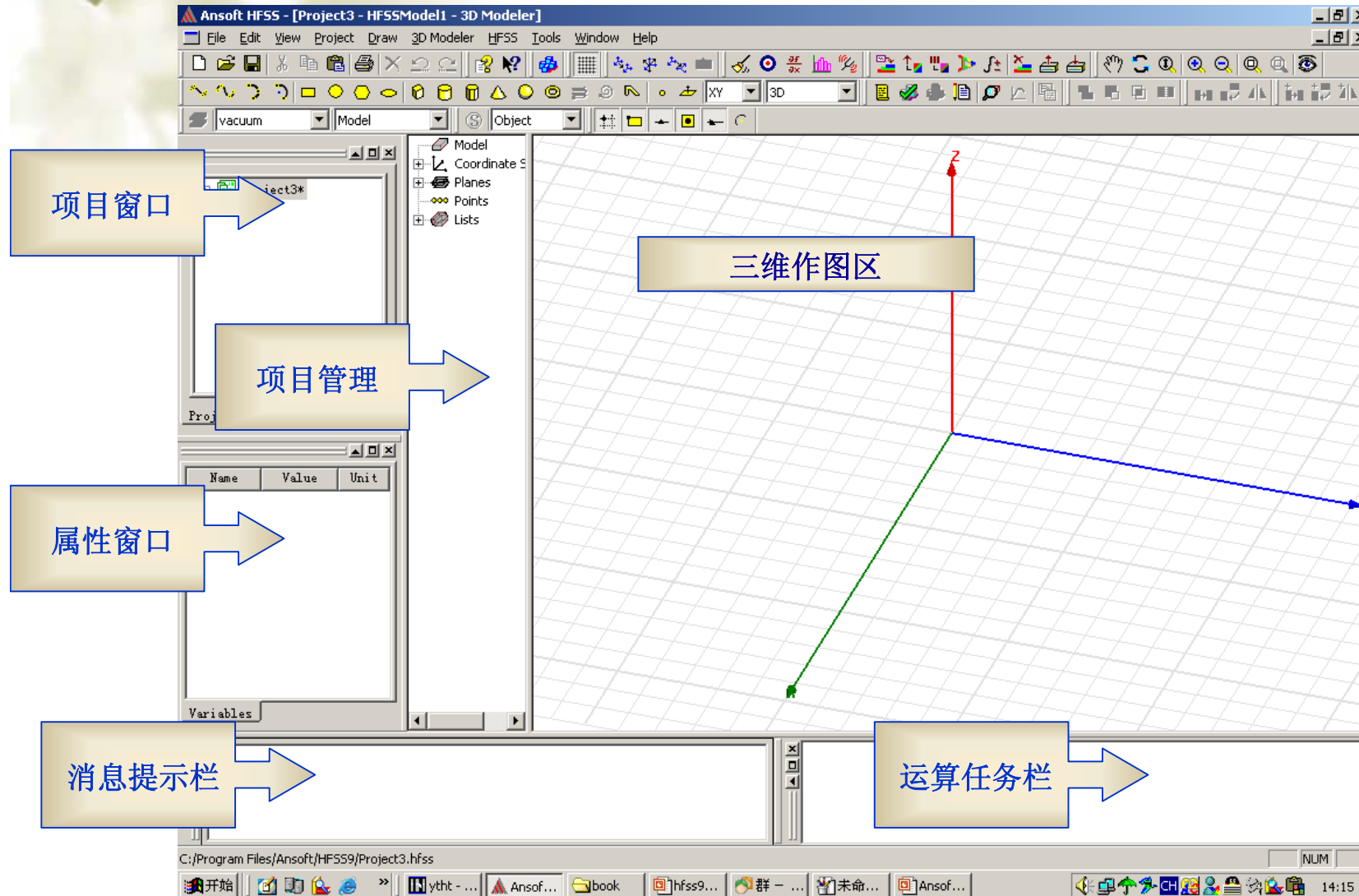
现有的场计算器具有复数算法、三角法功能，面积分和体积分，曲线的切线计算和任意曲面的法线计算。功能强大的计算器使用户可直接操纵场来计算功率耗散、存储能量和空腔Q值。与其他所有接口界面一样，后处理器中亦具有宏记录/文本及在线帮助。

- 最优设计解决方案

ANSOFT HFSS支持强大的具有记录和重放功能的宏语言。这使得用户可将其设计过程自动化和完成包括参数化分析、优化、设计研究等的先进仿真。



Starting HFSS



快捷图标说明

作图：折线、曲线、圆弧、矩形，圆、椭圆、多边形，长方体、圆柱体、多边柱体、锥体、球体等



增加参数分析、增加优化分析、灵敏度分析、统计分析、调试



默认曲线，修改曲线，修改属性制作动画，计算，删除曲线打，开曲线，保存曲线，视图改变，隐藏或显示



坐标变换，作图点捕捉方法选择



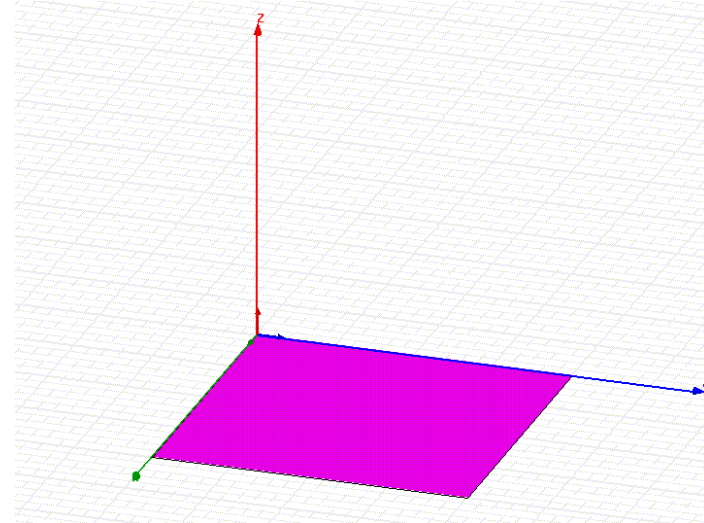
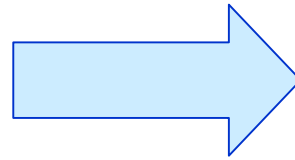
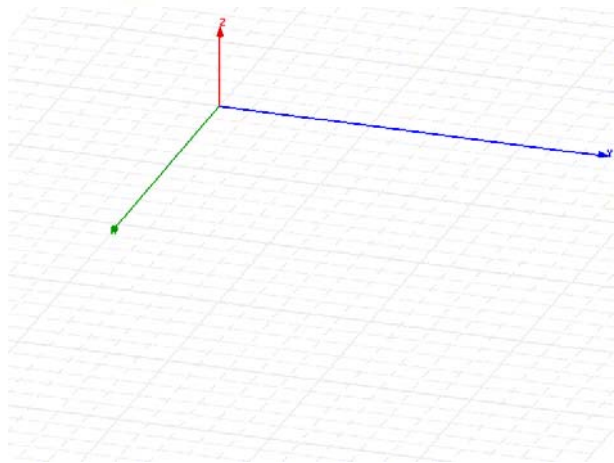
模型列表、检查、求解、备注、求解设置、扫描设置、求解数据、图方法：联合、相减、交叉、裂开、移动、旋转、镜象、移动复制，旋转复制，镜象复制





滤波器单腔仿真

一般来说一个单腔由矩形腔，谐振杆螺
杆组成。选择以坐标原点为起点在 x - y
平面内拖动鼠标既产生一个矩形，再沿
 z 轴正方向拖动即画出所需要的矩形腔。



画长方体结束，将跳出以下属性窗口

起始点坐标

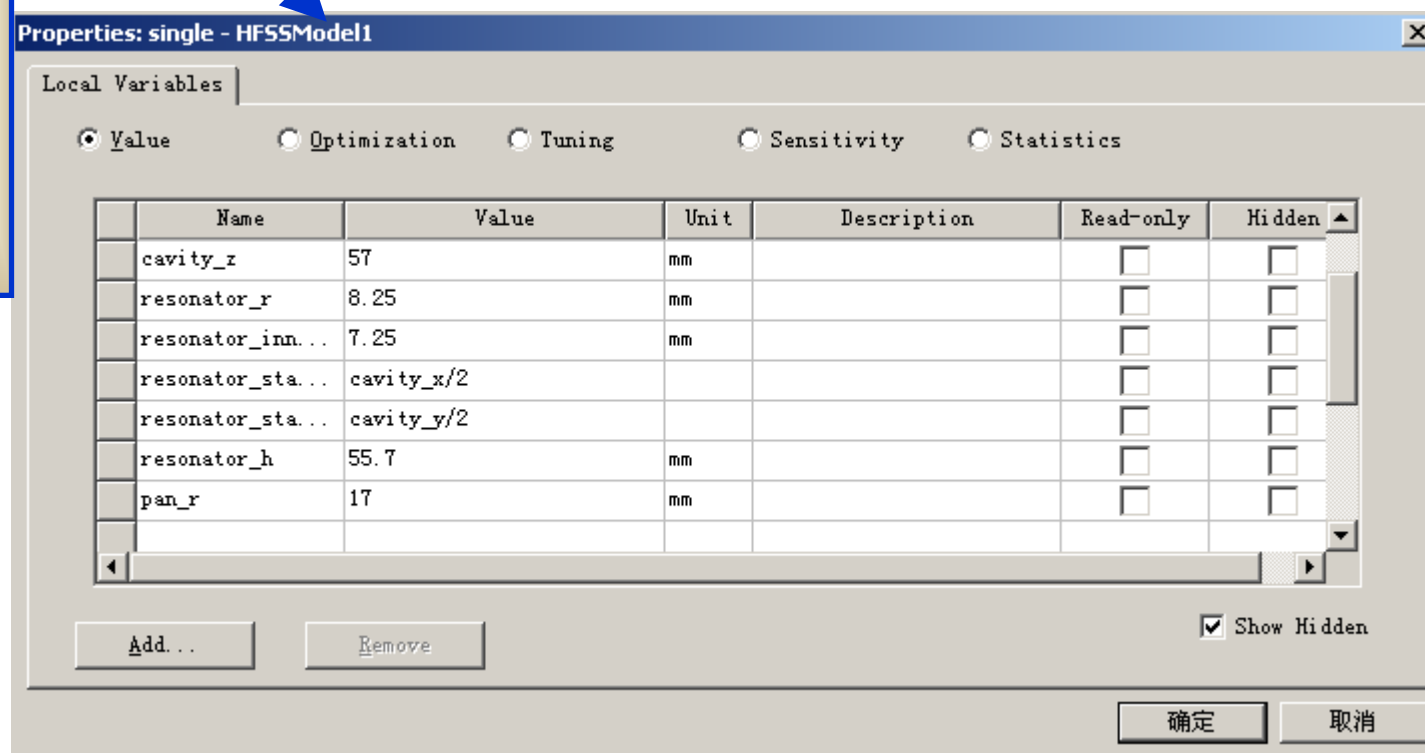
Name	Value	Unit	Description
Command	CreateBox		
Coordinate Sy...	Global		
Position	0, 0, 0	mm	
XSize	36	mm	
YSize	30	mm	
ZSize	32	mm	

长方体的长宽高

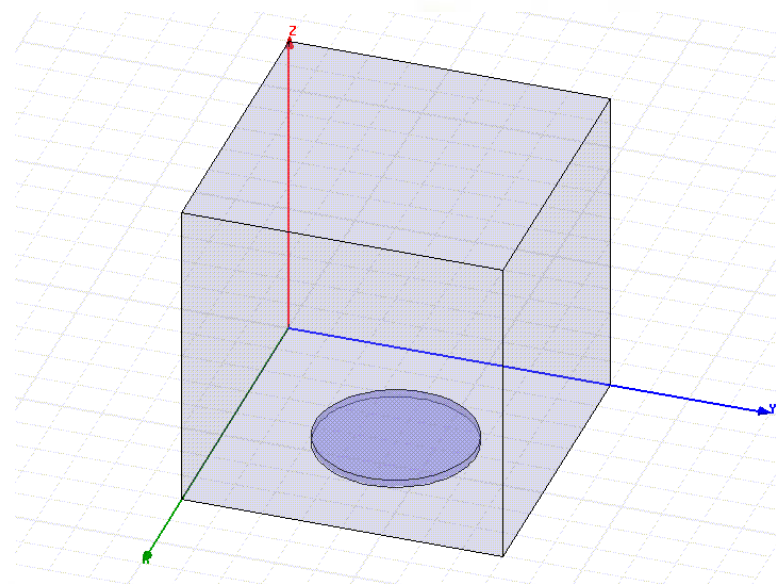
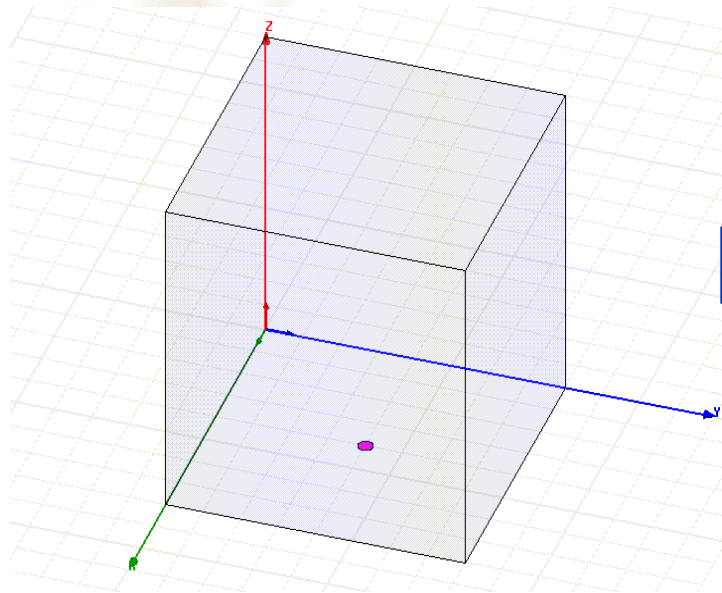
在command窗口中可以修改长方体的起始点坐标及其长宽高，也可以将他们定义为变量。在attribute窗口中修改物体的颜色，和透明度。

注意：如果此时将他们定义为变量，那么在驱动模求解时有可能无法定义端口

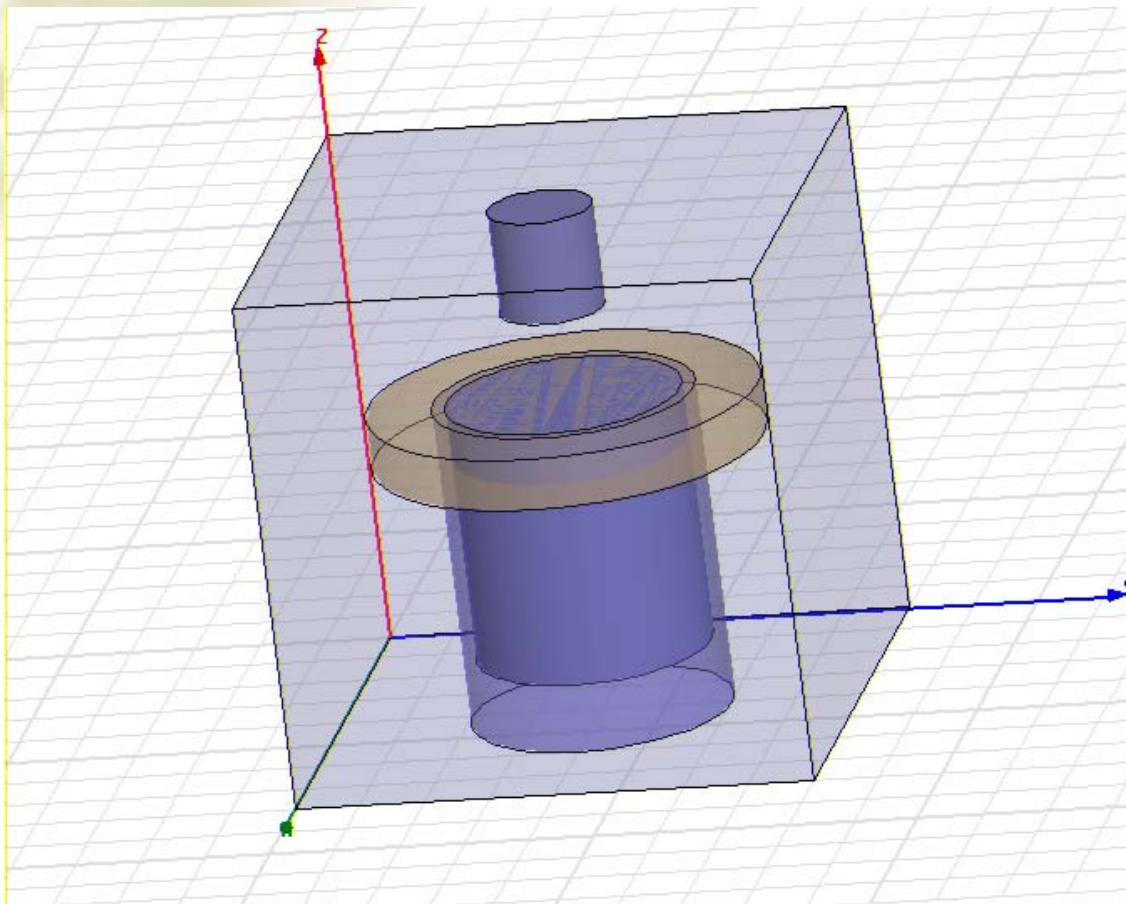
在本征模求解的问题中，我们可以把各个坐标位置，尺寸定义为变量，这样可以方便修改，调试。参数可以 **HFSS=>design properties** 里面修改



画谐振杆，选择画圆柱图标，选择捕捉面的中心，移动鼠标捕捉长方体底面中心，在平面内拖动鼠标成一圆，在 z 方向拖动鼠标，即可画出圆柱



按同样的画圆柱的方法画出盘、调谐螺杆谐振杆内孔



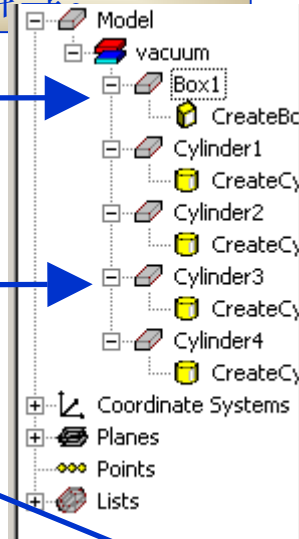
现在我们只需要将谐振杆和盘联合在一起，再减去内孔就可以了。

看看现在的项目管理树形栏，
在这里我们可以进行几合体的
的操作、定义材料等

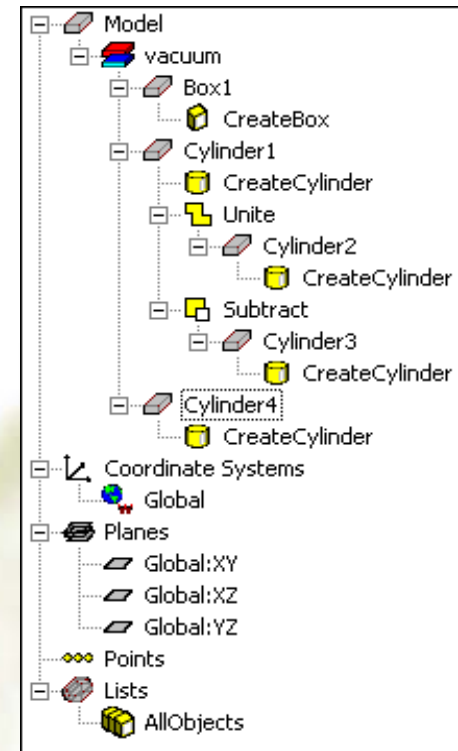
材料

各个几何体

按住ctrl选中代表
谐振杆和盘的两个
几何体，发现
几何体操作 图标
变亮按下合并盘
和谐振杆结合为
一体；同理可以
再减去代表内孔
的圆柱体，树形
栏又发生变化，

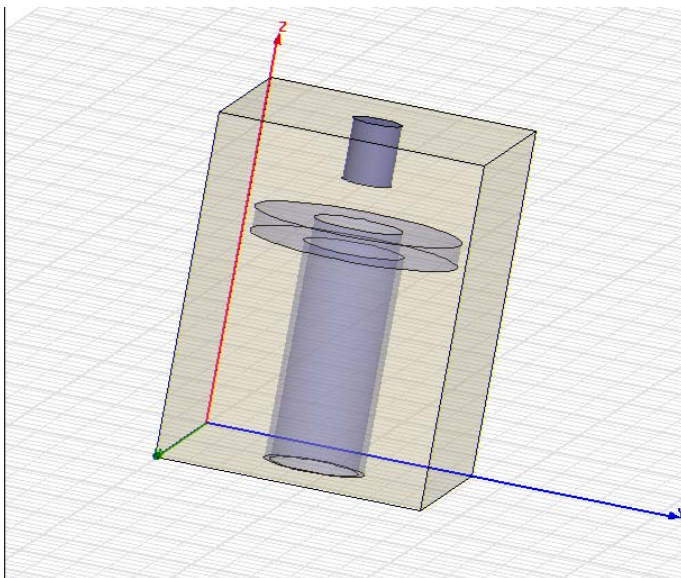


可以看到项目管理中几何体分
为了三大类，分别代表腔体、
谐振杆、调谐螺杆。

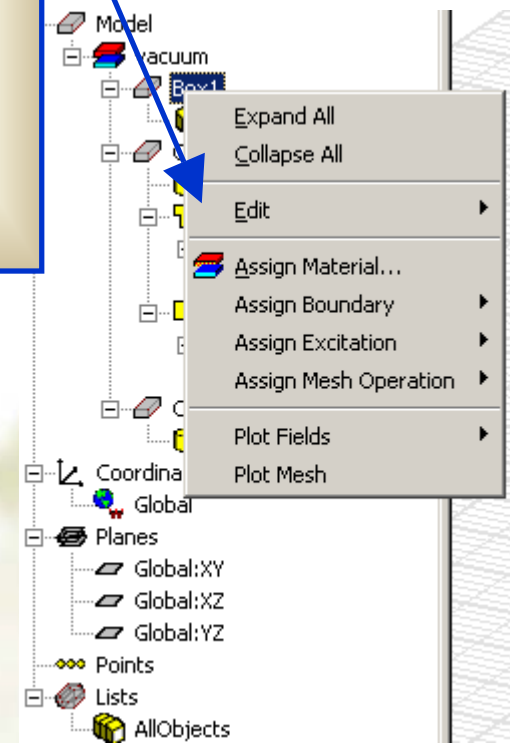


此时的作图区域显示出的就是一个单腔模型了。

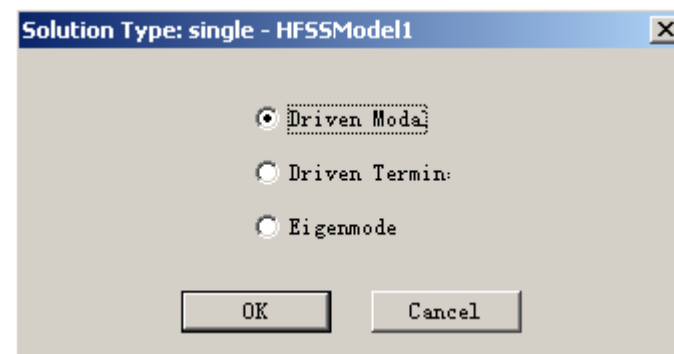
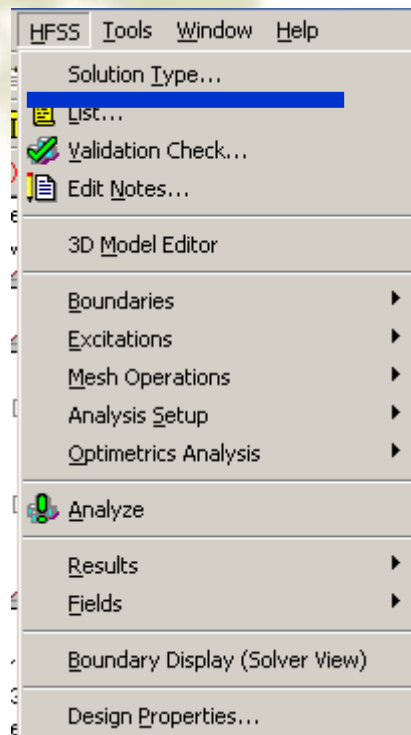
在树形栏里选择不同的项目点击右键可以看到以下菜单。



膨胀
塌陷
编辑
定义材料
边界条件
激励源
网格划分
场分布图
网格图

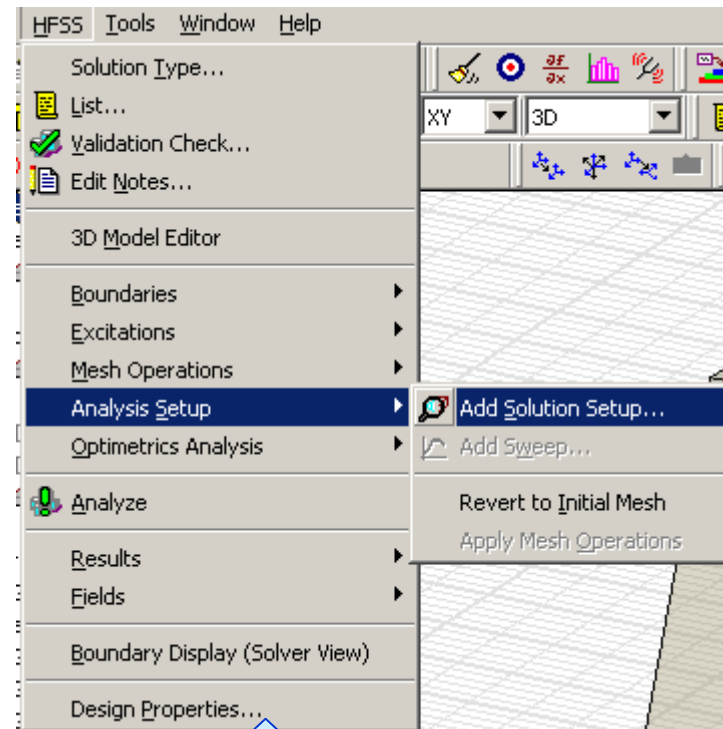
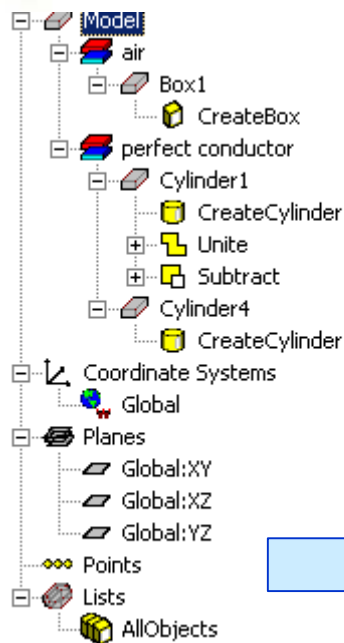


在HFSS下拉菜单中选择solution type



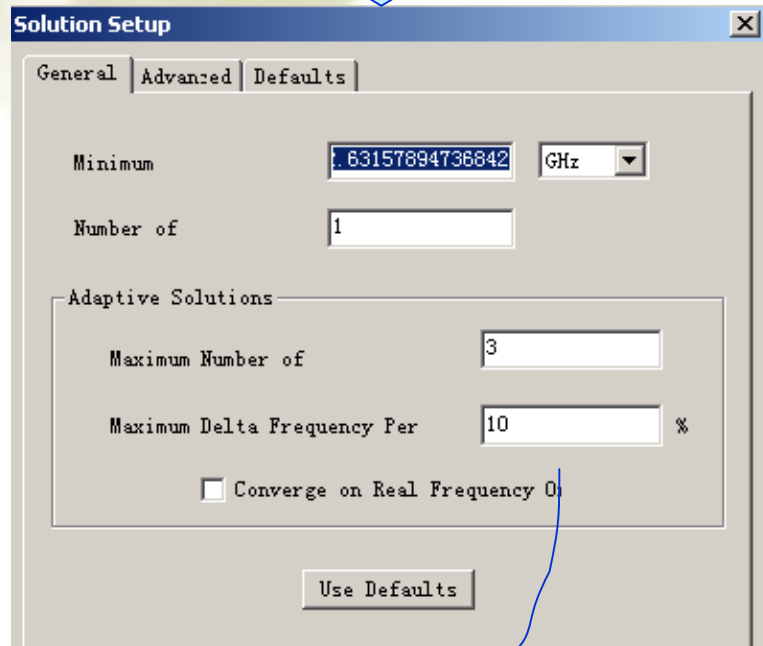
分别表示驱动模、终端驱动、本征模，此单腔模型没有端口，无激励源，采用本征模求解

只求解频率则将腔体设置为空气，边界条件为perfect E 并将各部件设置为良导体。树型项目栏变为：



在HFSS下拉菜单中选择Analysis Setup=>Add Solution Setup进行求解条件设置

在跳出的Solution Setup窗口
中进行设置

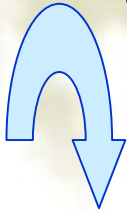


求解次数
最大Delta Frequency/Per
影响求解结果精度，一般Maximum
mnumber为10次
Maximum Delta Frequency per 为
0.0001%

输入最小频率（小于单腔谐振频率）
对每一种本征模求解设置，定义求解结
果的本征模树目如果你输入5，那么
将计算出最小频率以上的五个本征
模数.本征模求解可以获得达20个本
征解.

General 常规	包括常规的求解设定
Advanced 高级	包括初始网格划分和自适应分析的高 级设定
Ports 端口，如果 定义了一个 端口	包括标准端口的网格产生选择
Defaults 默认	让你可以将当前值设置为以后求解方 法的默认值，或者将当前值恢复到 HFSS的标准设置

各项设置好后，可以在list中看到你所设定的模型、边界、激励源、网格设定，求解设定，并在其中对其进行编辑。可以点击 **validate** 来验证设置的各项是否有误。



Design List: single - HFSSModel1

	Name	Color	Model	Display Wiref...	Material	Type
	Box1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	air	Solid
	Cylinder1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	perfect...	Solid
	Cylinder4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	perfect...	Solid

Buttons: Delete, Properties, Done



Validation Check: single - HFSSModel1

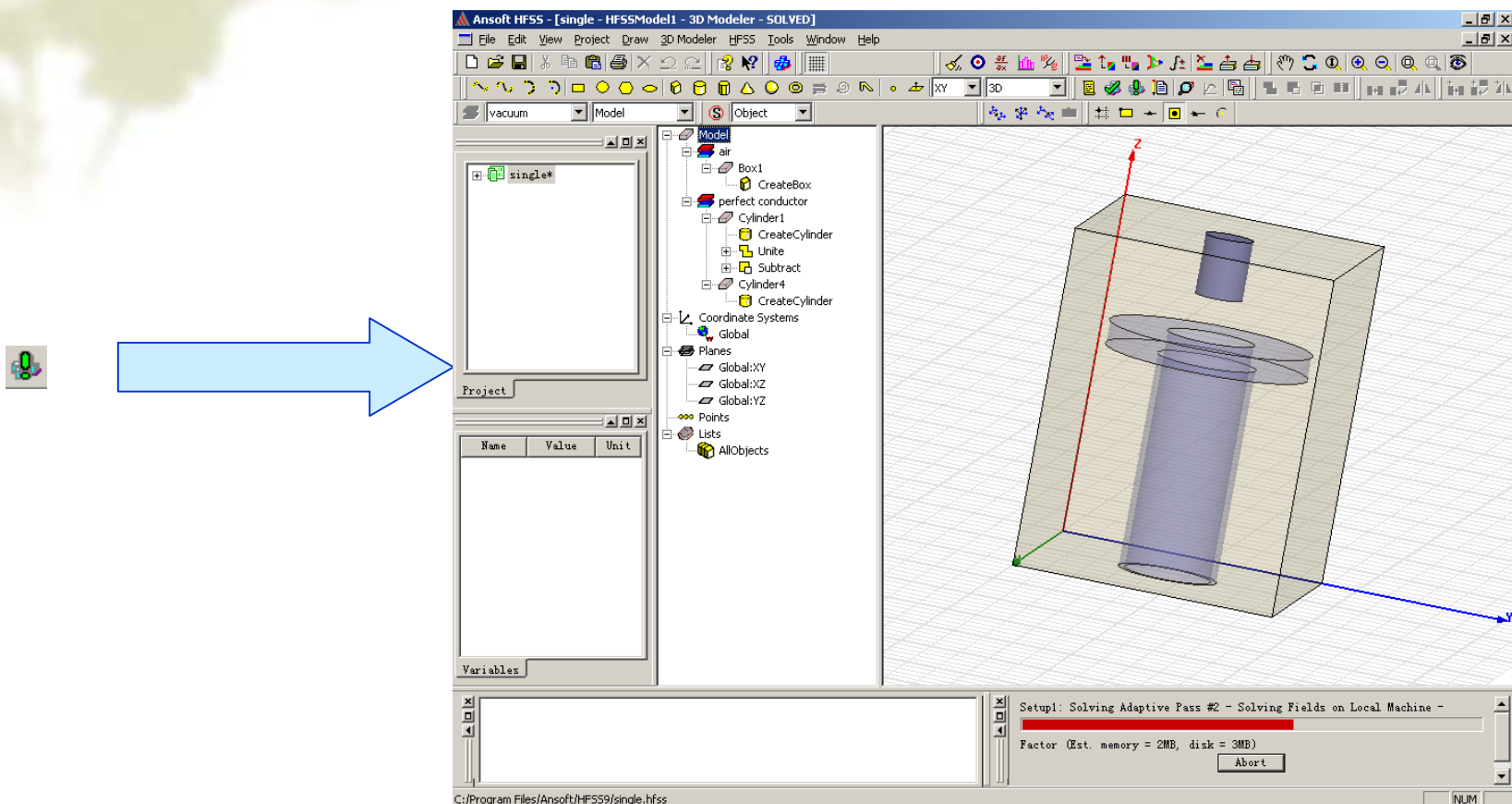
HFSSModel1


Validation Check completed.

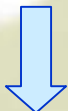
- 3D Model
- Boundaries and Excitation
- Mesh Operations
- Analysis Setup
- Optimetrics
- Radiation

Buttons: Abort, Close

最后我们对模型进行求解，可以得到谐振频率。如果前面做图的时候我们已经把各个尺寸坐标设置为参数的话，那现在可以方便的在**Design properties**里面方便的修改参数，来达到产品所要求的频率



运算结果可以在HFSS=>results=>solution Data打开又或者点击 



Task	Real Time	CPU Time	Memory	
Adaptive Pass 10				Eigenmode Sol
mesh3d_adapt	00:00:03	00:00:02	158016 K	2718 tetrahe
adapt_part1_eig...	00:00:03	00:00:02	48412 K	2718 tetrahe
Solver RSS	00:00:05	00:00:03	52568 K	13902 matrix
Disk I/O	00:00:00	00:00:00	0 K	4688 K
eigen	00:00:21	00:00:10	49108 K	13902 matrix
adapt_part2_eig...	00:00:02	00:00:01	40216 K	2718 tetrahe
				Adaptive Pas:
Total	00:02:27	00:00:55		Time: 10/16,

各个参数尺寸记录

求解条件，可以不是同的几种

可以观察到每次运算后的频率

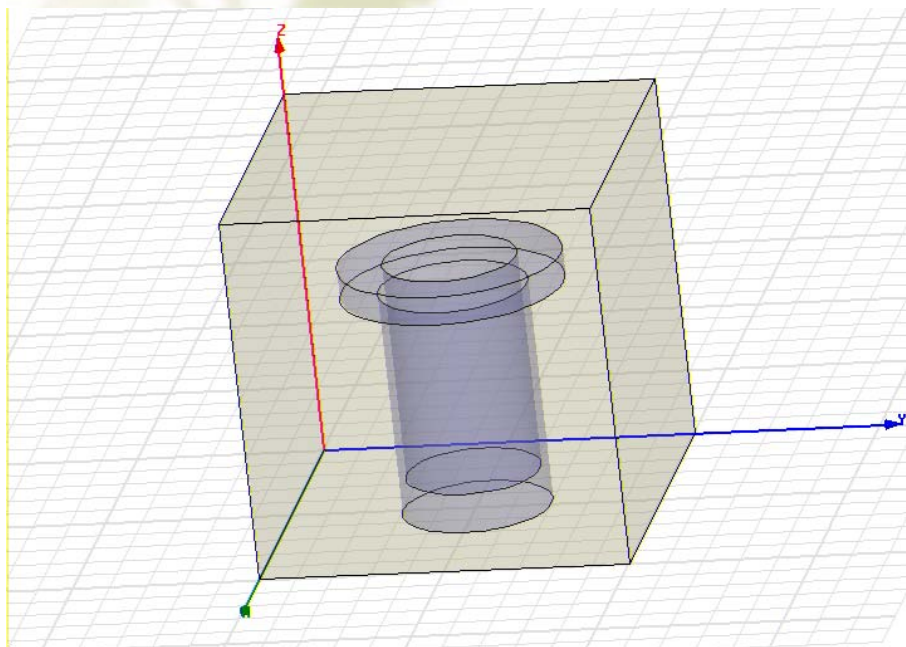
求解过程介绍

收敛参数记录

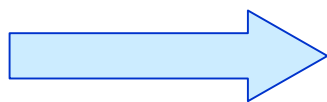


单腔激励源问题模型

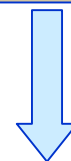
先画一个本征模问题的模型



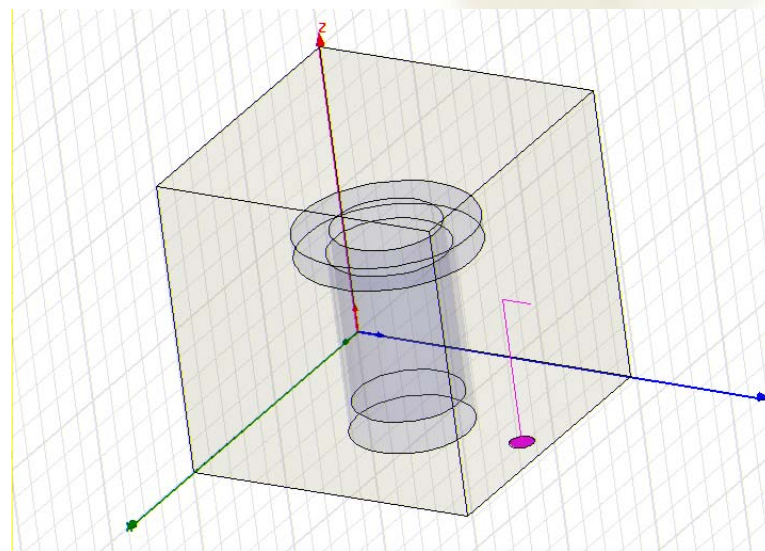
画一个与内导体同半径的圆，在需要的位置，用折线画出抽头路径



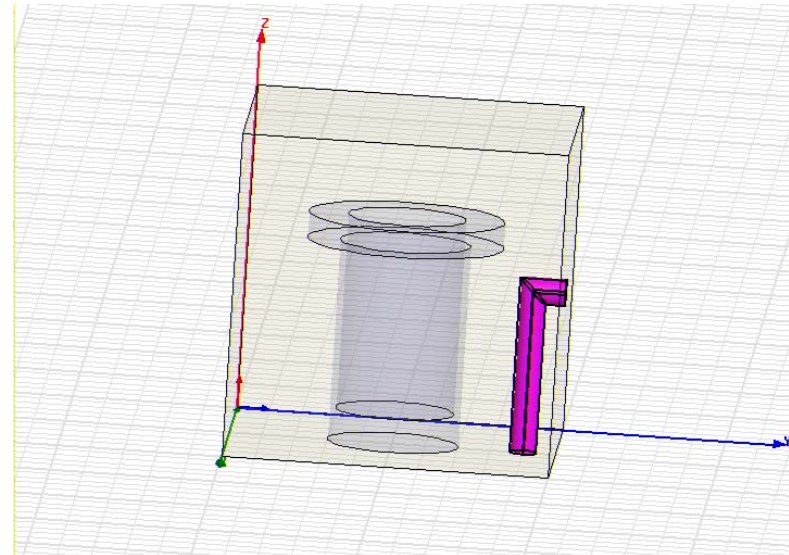
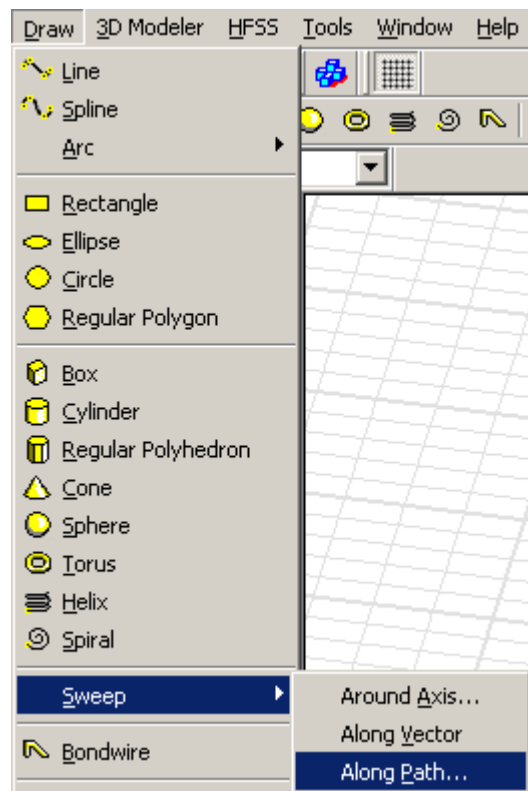
注意：画曲线或者其他几何体时要注意选择合适的点捕捉对象和合适的作图平面，并结合修改坐标点来实现（看作图区下方）。



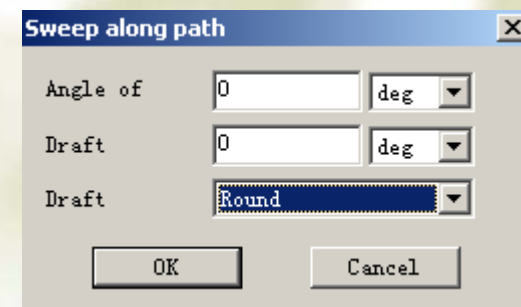
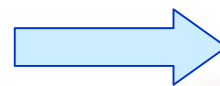
X: 12.1525 | Y: 0.0000 | Z: -30.6892 | Absolute | Cartesian | mm



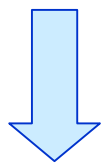
按住ctrl在树形栏里面
同时选定先前画的小
圆和轨迹线



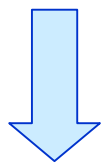
ok



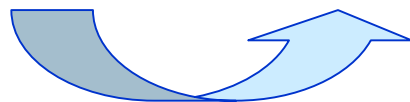
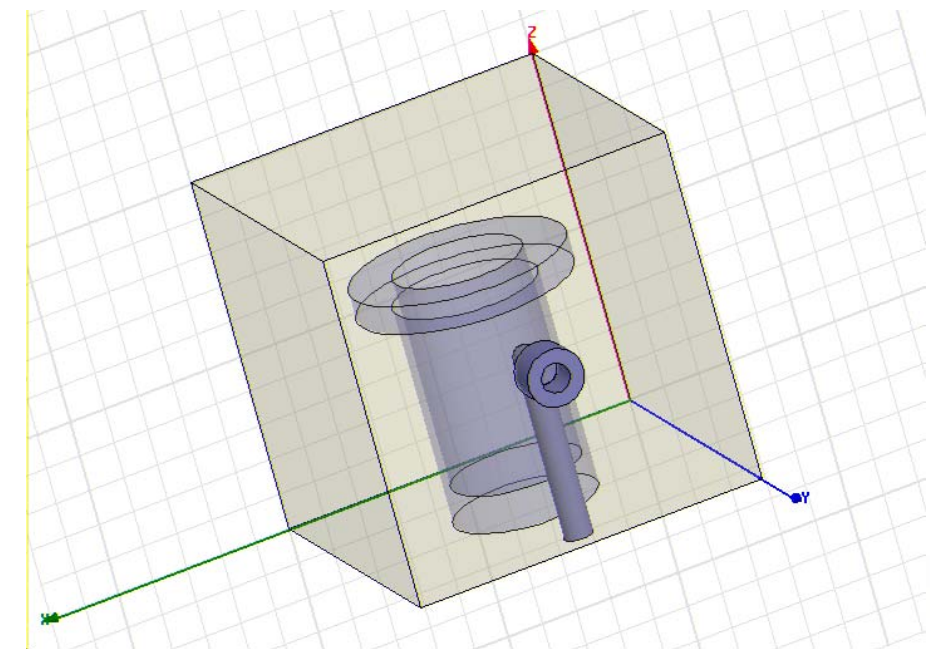
然后画腔体外部抽头部分，为保证50ohm，首先用appcad算出与内径匹配的外径。



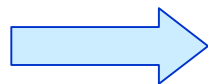
在抽头初按照计算出的内外径尺寸画出两个柱体，用画谐振杆同样的方法，外园柱减去内园柱，成为一个环柱。



在抽头处按照计算出的内外径尺寸画出两个柱体，用画谐振杆同样的方法，外园柱减去内园柱，成为一个环柱。

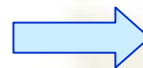
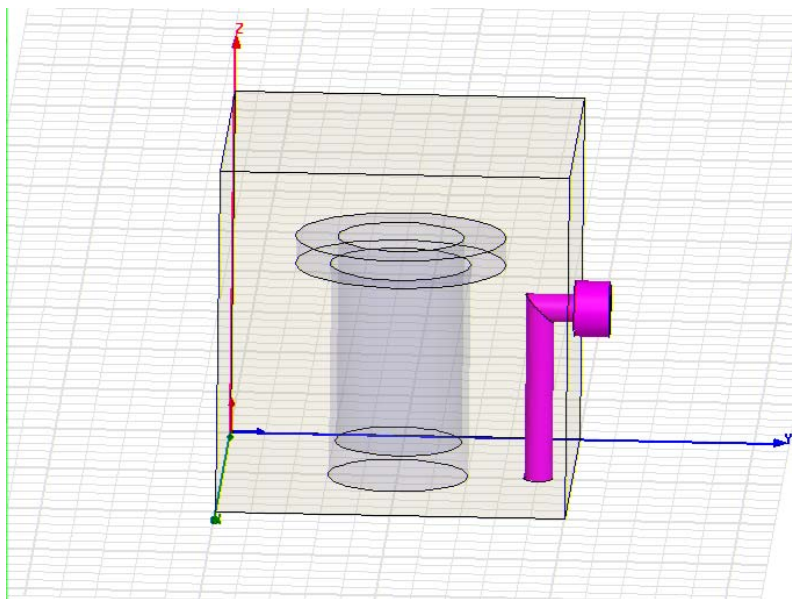


按同样的方法在相对的面上画出另外一个抽头，或者用其他方法在下面将讲到。

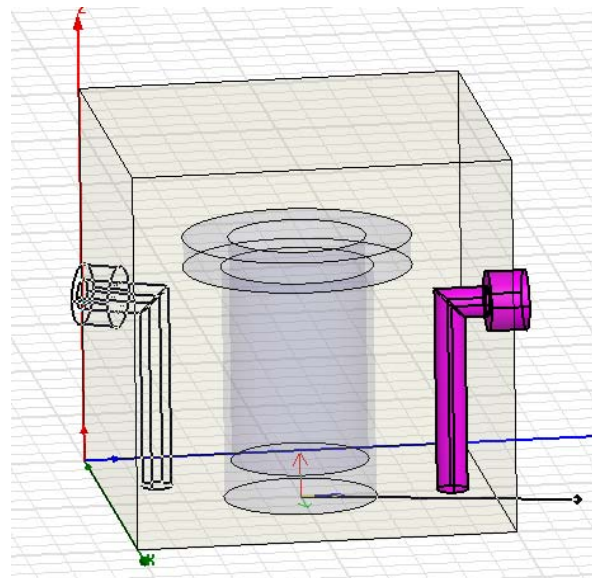


画另外一个抽头可以有几种方式实现下面分别介绍。

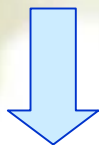
一、用Mirror Duplicate,在树形栏中选定抽头的两部分。



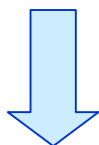
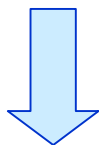
先用鼠标点选镜象中心，这里镜象中心是腔体的地面中心；然后选取另一点，可以拉动鼠标体会一下当另一点在当前抽头方向时另一抽头正好到位



二、用Mirror及Move命令,在树形栏中选定抽头的两部分。



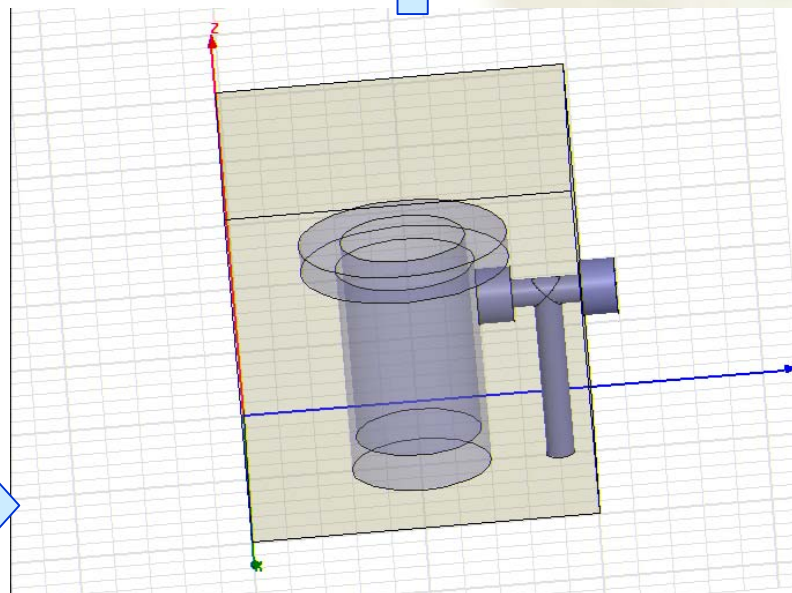
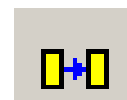
先copy、paste即在原来位置又产生一个完全相同的抽头



用鼠标点选抽头底面圆心，再拉动鼠标观察到新的抽头位置变化，当另一点处于当前抽头相反方向时产生新的与原抽头对称的抽头



点选新产生的抽头底面圆心，再拖动鼠标，结合改变坐标来确定抽头移动位置，使抽头出现在与原抽头相对的位置。



激励源

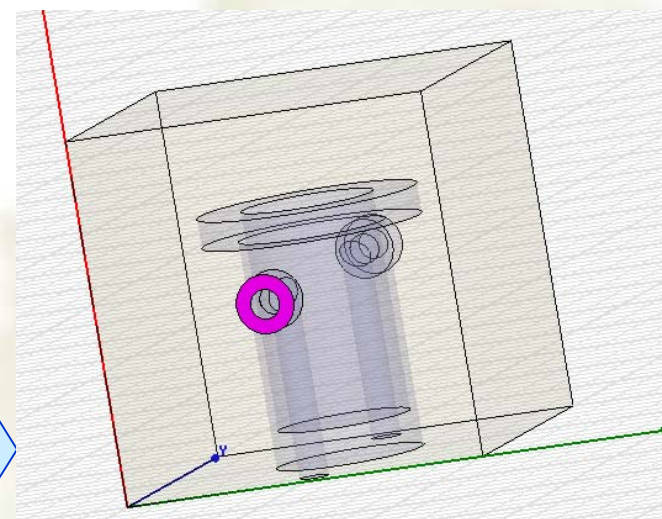
在树形栏中点选各几何体设置它们的材料

因为是激励源问题不需设置边界

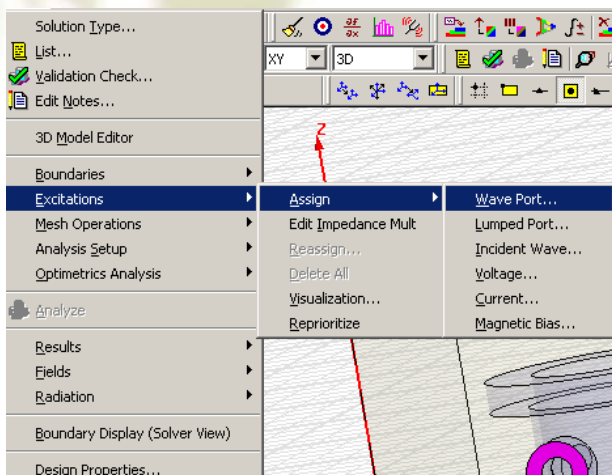
设置激励源，
选择面选取



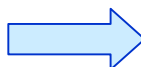
选取抽头环面



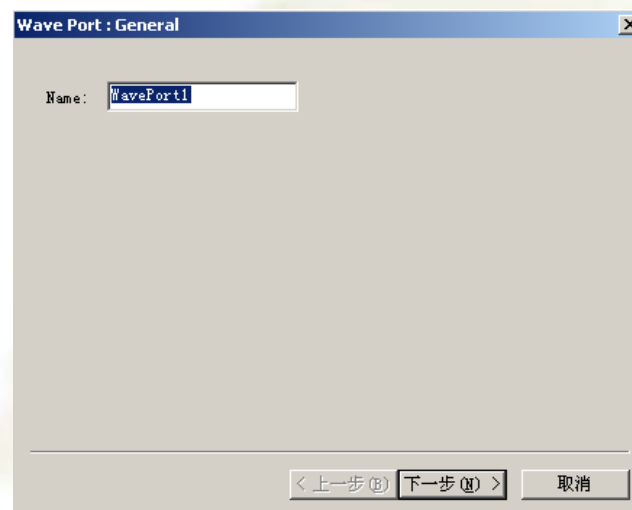
设置wave port



跳出Wave port:General窗口

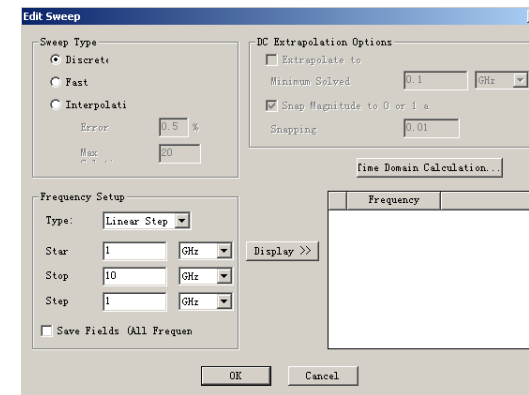
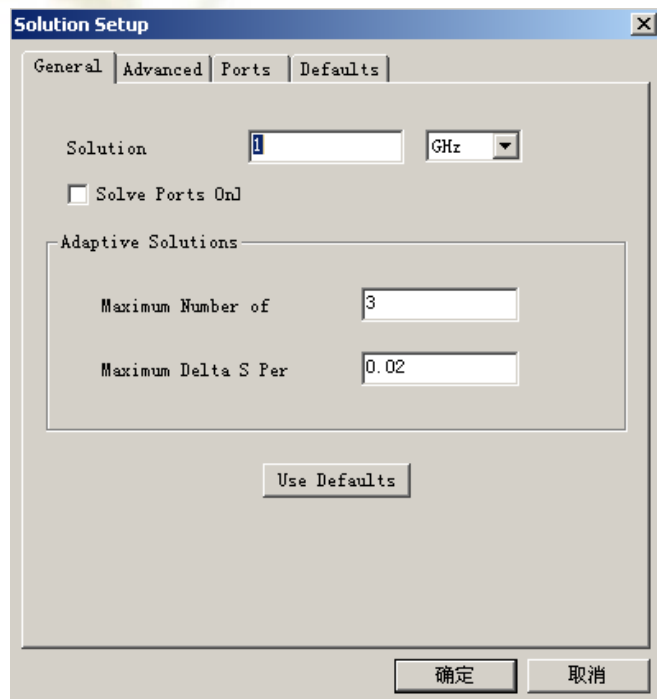


点击next, next, finish可以完成此端口设置, 按同样的方法可以设置另一端口。

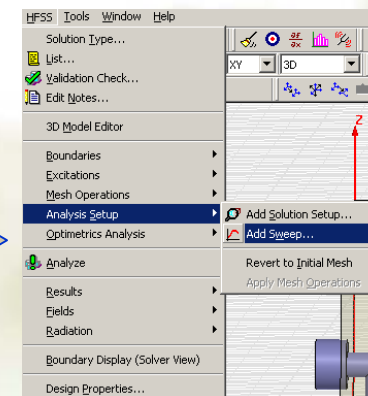


求解条件设置与 8.0类似

求解



设置sweep

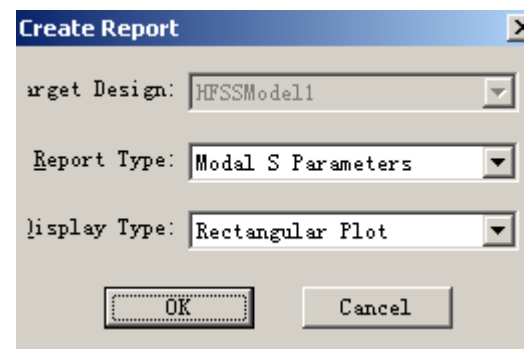


运算结果

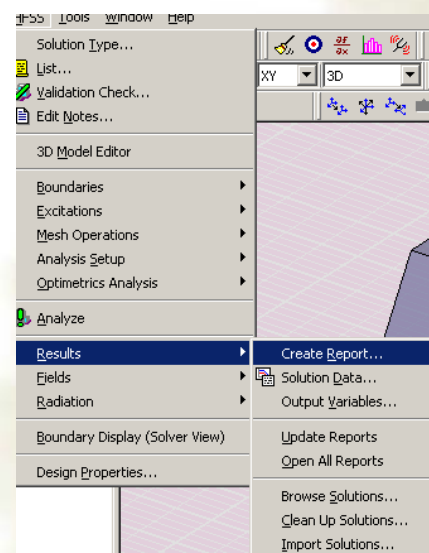
The window displays simulation data for 'etest - HFSSModel1'. It includes a 'Simulation' dropdown set to 'Setup1' and a 'Sweep1' dropdown. A green checkmark icon is visible. Below are tabs for 'Convergence', 'Profile', and 'Matrix Data'. A table shows task details:

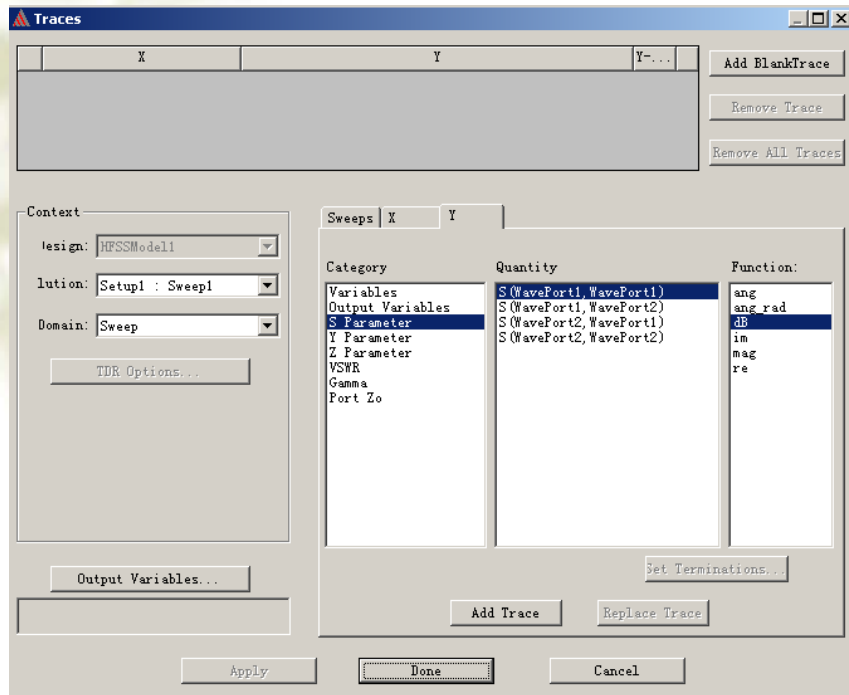
Task	Real Time	CPU Time	Memory	Information
Start				Time: 10/14/2003 15:34:46, Host 白云鹏
Total	00:00:00	00:00:00		Time: 10/14/2003 15:34:53, Status: Nor
Start				Time: 10/15/2003 08:22:01, Host 白云鹏
Total	00:00:00	00:00:00		Time: 10/15/2003 08:22:14, Status: Nor
Start				Time: 10/17/2003 10:45:52, Host 白云鹏
Total	00:00:00	00:00:00		Time: 10/17/2003 10:46:00, Status: Nor

Buttons at the bottom include 'Export...' and 'Close'.

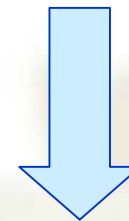


Creat Report看S参数



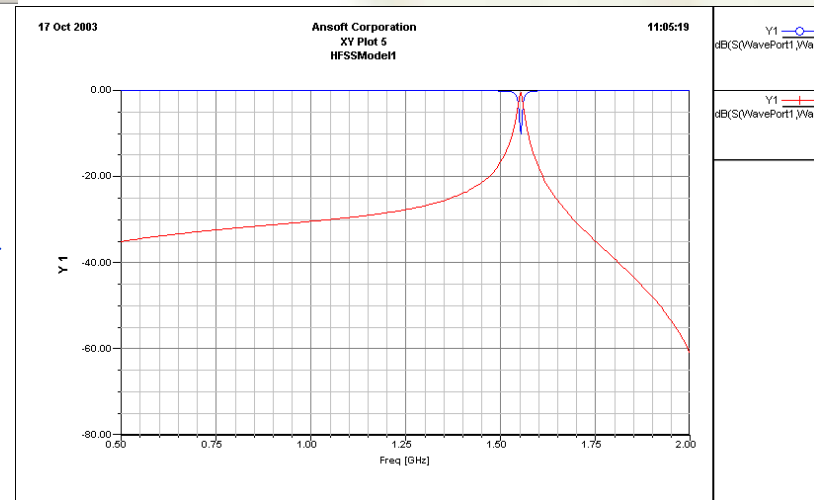


谐振频率和损耗一目了然，双击坐标轴或曲线，或者点右键可以看到一系列编辑选项

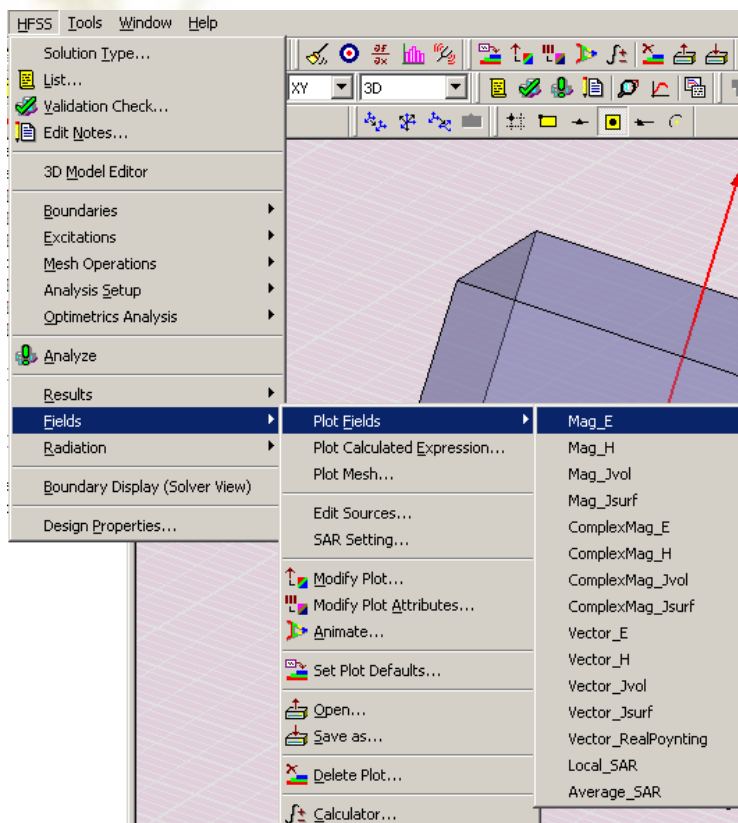
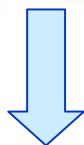


选择要查看的参数，点击 add trace, done。

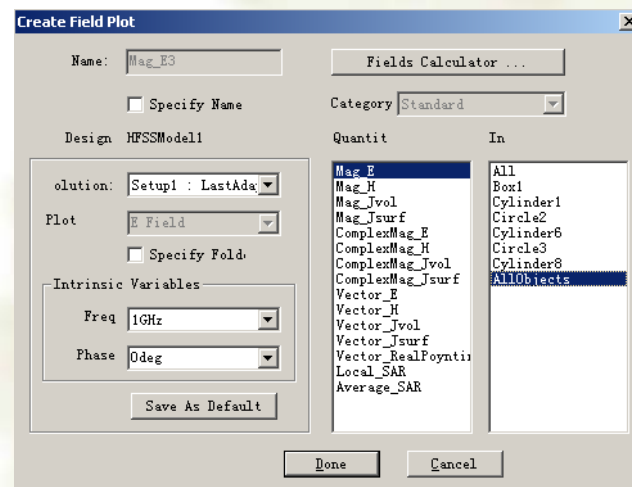
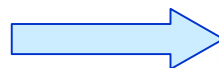
例如选择S11,S12

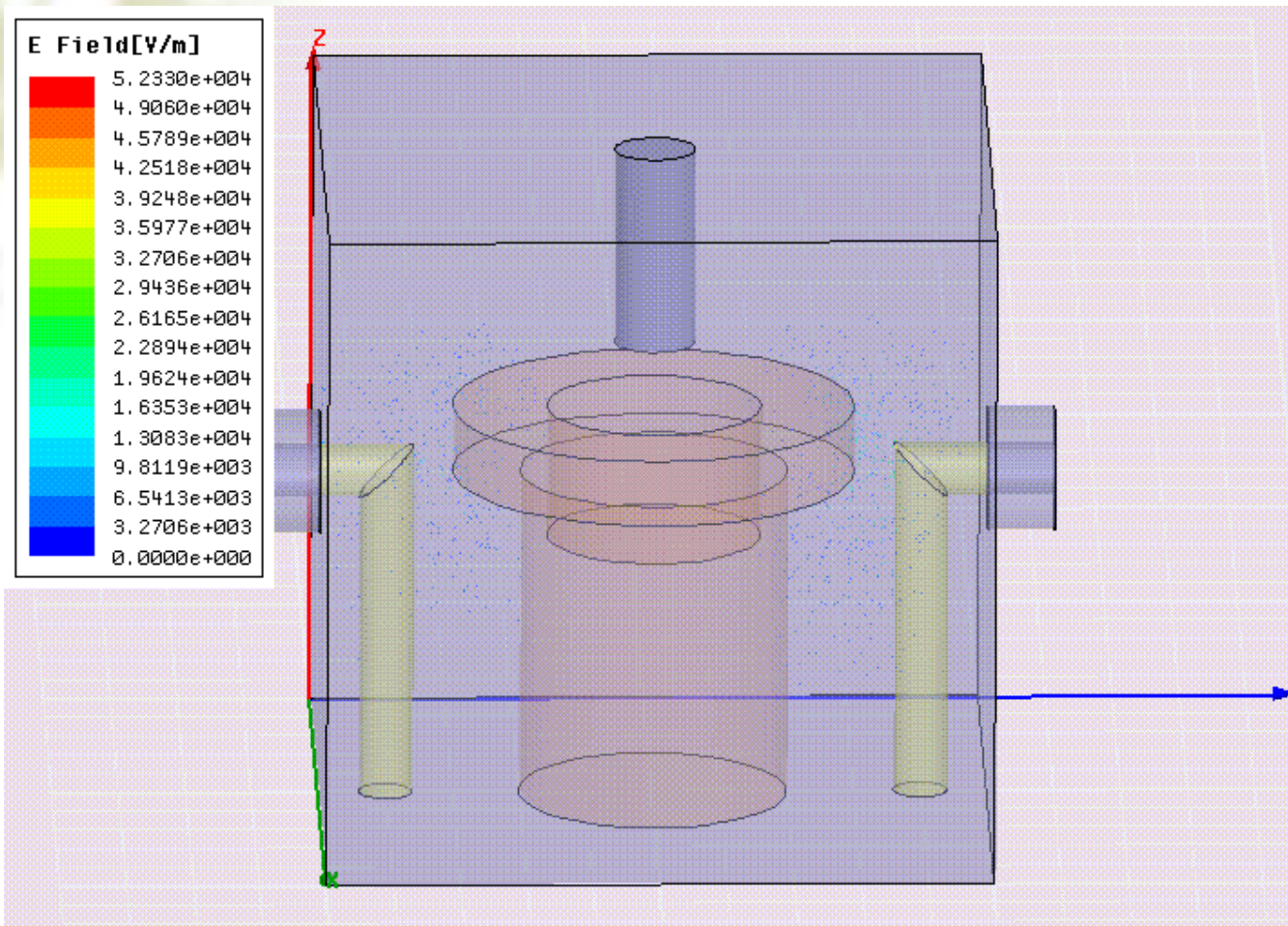


选中几何体看场分布



选择要查看的量，及几何体，修改频率值观察场分布情况





激励源问题

wave port的作用是使激励信号通过它进入或者离开结构体，常用于标准带状线和其他波导结构。**Wave port**变化依赖于求解是标准形式还是终端形式
使用**lumped port**来实现一种内在表面通过它激励信号可以进入或者离开几何体。

Wave port

HFSS默认所有的三维物体的界面和背景是完美的电场边界，经由它没有能量可以输入或者输出，**Wave Ports**被特定的放置在这些界面上来提供一个窗口把模型装置和外部世界连接在一起。

HFSS假设你所定义的每个**Wave Port**与一个非无穷长度的波导所连接并且具有和这个端口相同的交界部分和材料属性。当要解决**S**参数问题，**HFSS**假定这种结构被正常场模式所激励，与交界部分相关联。二维场问题的产生是为了每个**Wave Port**提供相同端口，如同这些端口在三维问题中的边界条件。这种最终场问题的解决必须同二维场模式的每个端口相匹配。

HFSS有一种解决方法，通过分别激励每个**Wave Port**。每种模式的端口包括一**w**的功率输入。端口1被1个**1w**的信号所激励，另一个端口被设置为**0w**，求解一次之后端口2被设置为**1w**，另一个端口被设置为**0w**并且如此往返进行。

在三维模型中，一个终端端口可以通过一个集总端口来实现。集总端口在端口处直接计算**s**参数。**s**参数可以重新标准化（**enormalizing**）**Y**参数和**Z**参数也可以计算出来，集总参数断口具有用户自己定义的特性阻抗。

Lumped port

lumped ports

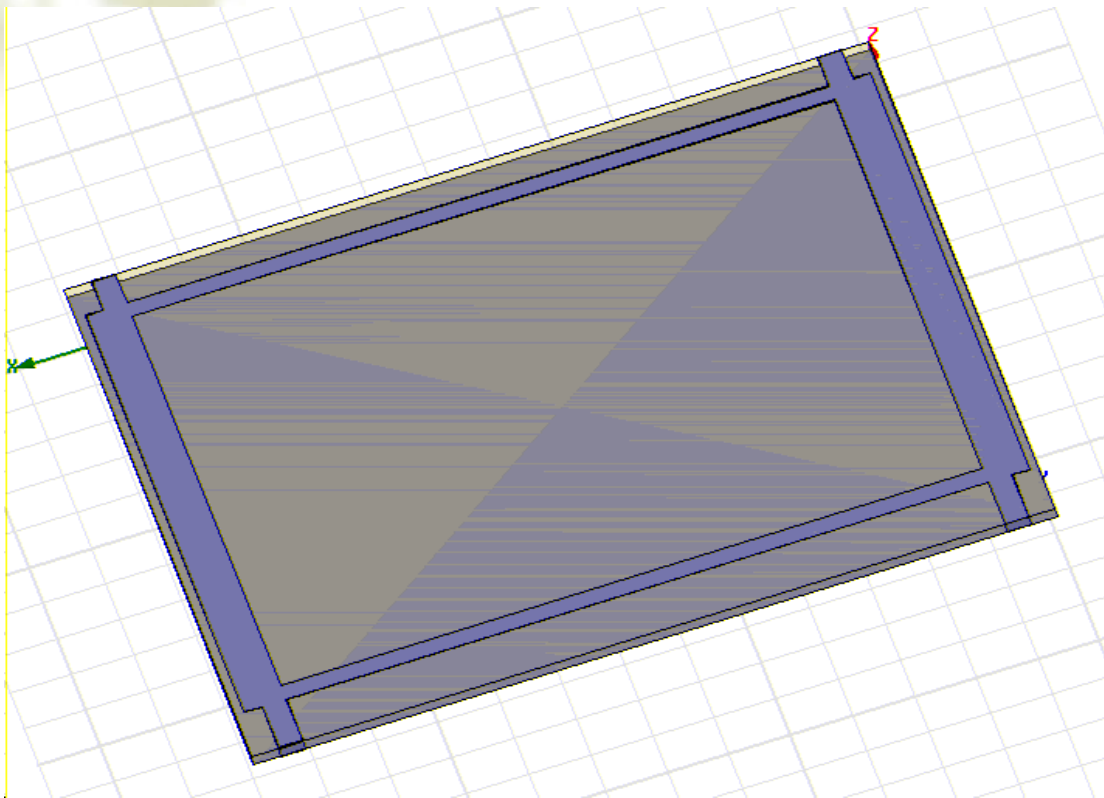
集总端口非常近似于传统的波端口，但是可以在内部定义，并且具有复数的用户自定义的阻抗。集总端口直接在端口计算出**S**参数。在微带线结构中使用集总端口。

一个集总端口可以定义为一个矩形，这个矩形可以从轨迹的一边到地，或者定义为一个传统的波端口。在各边缘默认的边界条件是完美的**H**边界，并不是与金属有关。

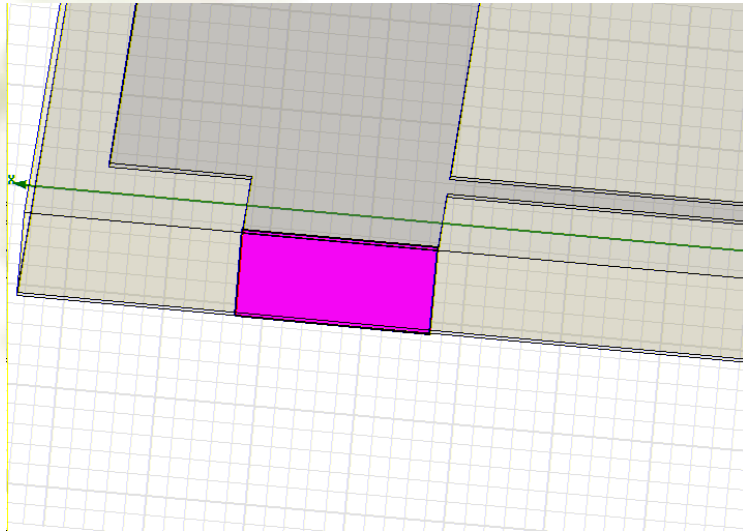
这里复数的阻抗**Z_s**定义是为了集总端口提供在这个集总端口上的**S**参数的参考阻抗。这个阻抗**Z_s**具有波阻抗的特性；阻抗**Z_s**常用来确定源的强度，例如标准电压**V**和标准电流**I**，从而使复数的功率标准化。除此之外，你可以得到相同的**S**参数，通过求解一个问题利用集总端口的复数阻抗**Z_s**或者重新标准化已经存在的结果为严格相同的复数阻抗。

当这个参考阻抗是一个复数值时，**S**参数的值并不总是小于或者等于1。

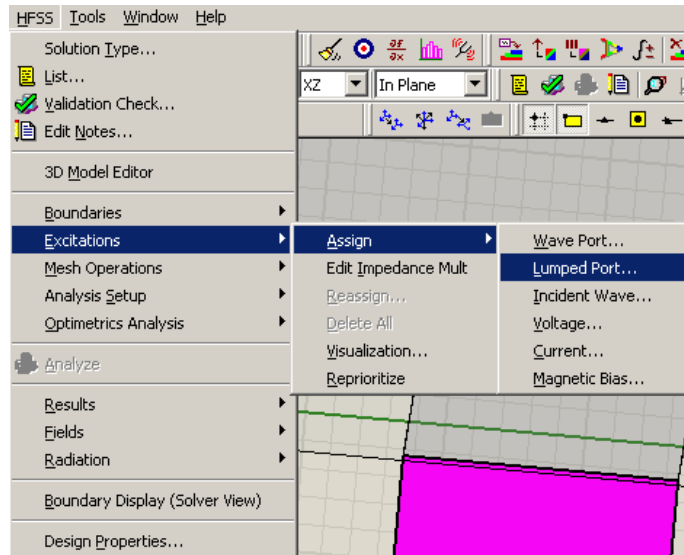
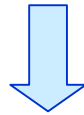
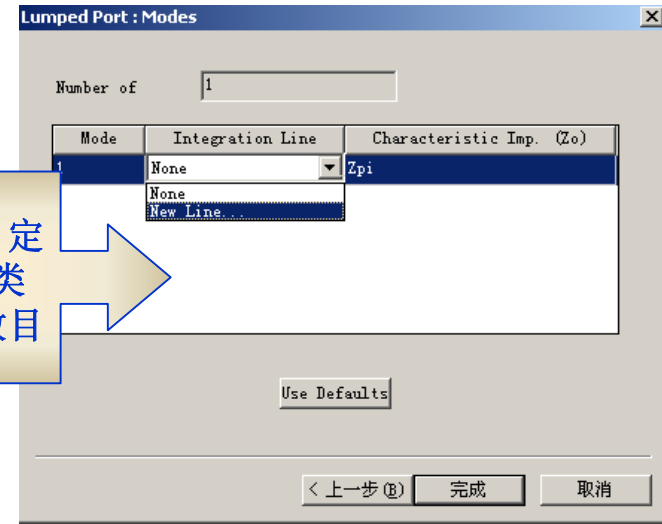
集总端口设置举例



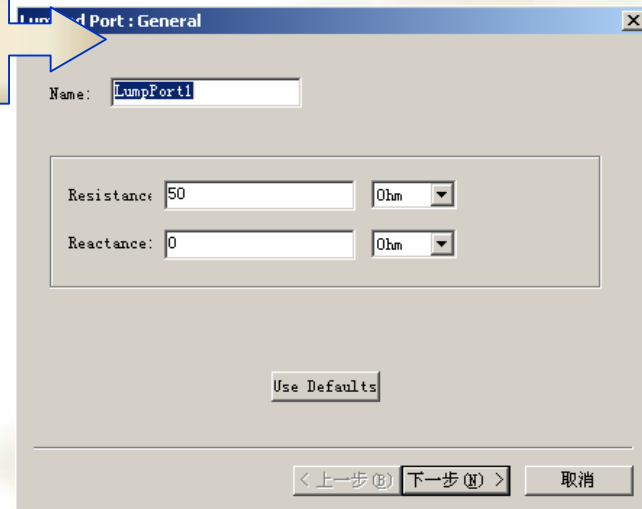
如图一个微带结构，中间有截止层，下面有地板，有四个端口，看看，如何设置这四个端口，首先在上层导线和下层地板之间画一个矩形，并选中它。



画校准线，定义激励源类别，类别数目



电阻，电抗



Create Line

Draw the port line. When you are finished, the port edit dialog will reappear.

Cancel

opper

Box2

Box9

dinate S

s

s

跳出提示栏：画校准线，选择矩形上边线中点，再拉动鼠标选中矩形下边线，按同样方法，将四个端口都可以定义。

耦合系数和有载Q值

滤波器理论告诉我们 $K_{i,i+1}$ 和 QL -有着非常重要的物理意义。众所周知 $K_{i,i+1}$ 是相邻两个谐振杆之间的耦合系数。假如一个腔体内部只有两个谐振杆的话，且谐振杆和信号源和负载之间都是弱耦合的话，那么耦合系数 K_{12} 和谐振频率 f_1 和 f_2 之间的关系可以通过下式方便的求出。

$$K_{12} = 2(f_2 - f_1) / (f_2 + f_1) .$$

如果不是弱耦合，那么耦合系数 K_{12} 和谐振频率 f_1 和 f_2 之间的关系可以通过下式求出。

$$K_{ij} = (f_2^2 - f_1^2) / (f_2^2 + f_1^2)$$

QL 是电路的有载Q值。如果在腔体内只有一个谐振杆，与信号源和负载相耦合，那么 QL ,谐振频率 F_R 和3-dB带宽 BW_{3dB} 的关系可以由下式表示：

$$QL = f_R / BW_{3dB}$$

下面章节里，我们将把滤波器的电路模型和滤波器的物理尺寸联系在一起。

HFSS在腔体滤波器设计中的具体应用

设计腔体滤波器分为以下几个步骤：

- 通过《现代滤波器设计》、软件、经验来确定腔数、耦合系数飞杆位置及数目。
- 要根据你的客户要求：重量、外形尺寸等等，确定合适的腔体大小。
- 选用合适的谐振器阻抗，使谐振器的Q值最高，谐振器阻抗70-84欧姆的Q值比较大，在76欧姆时Q值最大。通过软件APPCAD或者以下公式可以计算腔体阻抗，由此可以确定腔体尺寸。

方腔圆杆的阻抗计算公式：

$$Z=(60/er^{0.5})\ln(1.0787b/a)$$

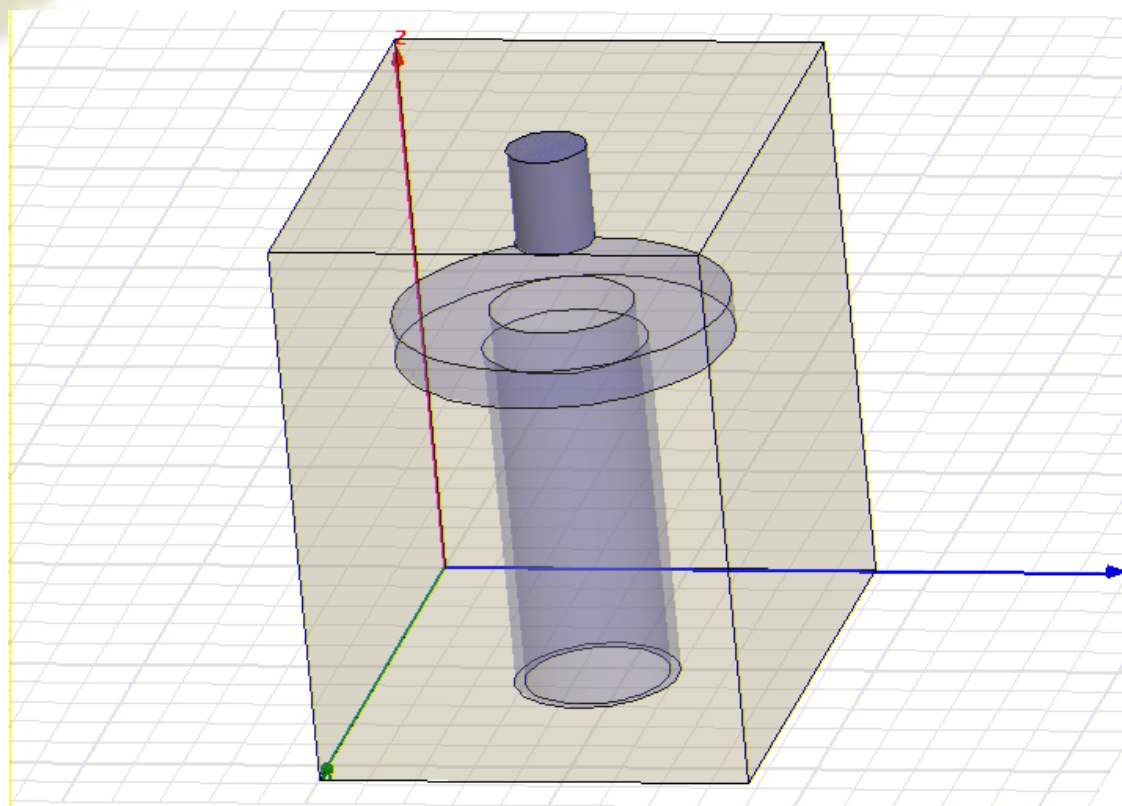
er相对介电常数

b:方腔的边常

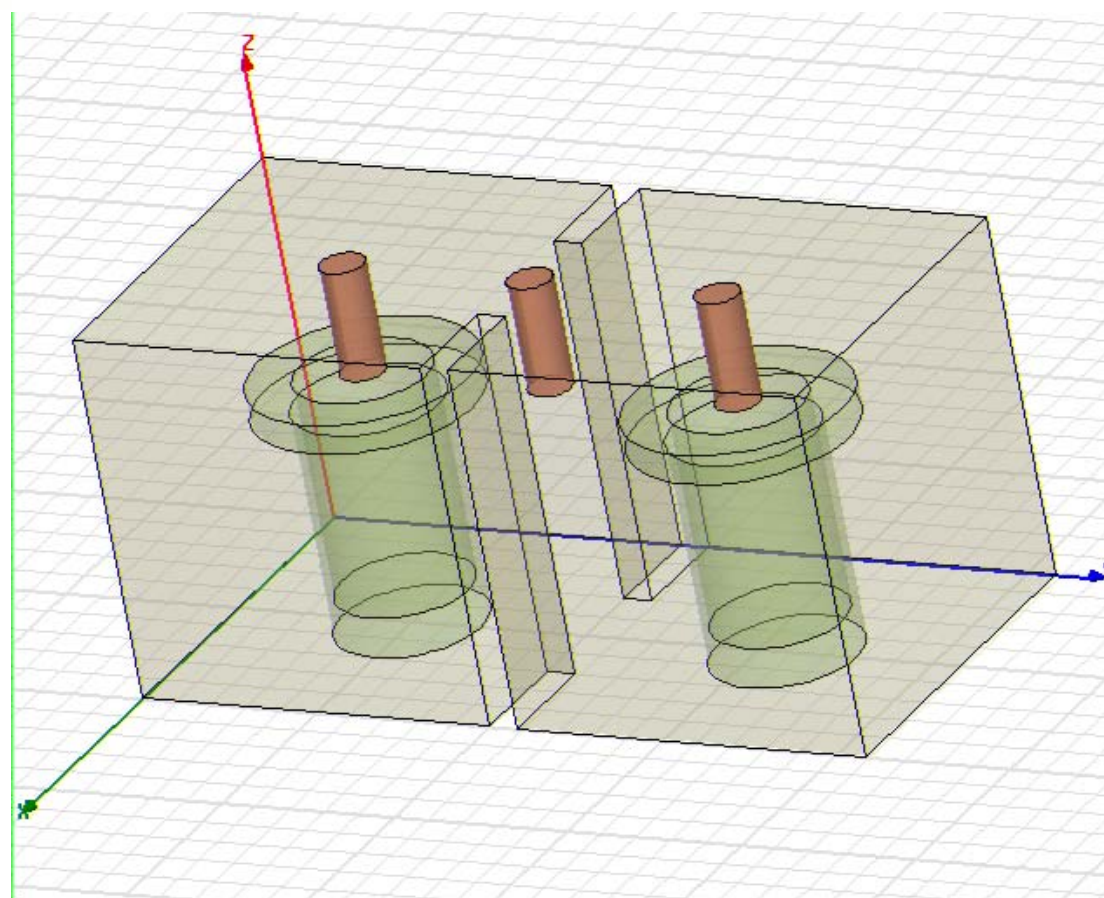
a:谐振杆的直径

- 通过HFSS单腔模型仿真来确定谐振杆的高低，圆盘尺寸，使得单腔本征模频率在所需值。
- 通过HFSS两腔模型仿真来确定窗口的大小。

用HFSS来估算谐振杆尺寸在前面已经提到，这里再不做介绍，使用的模型见下图：



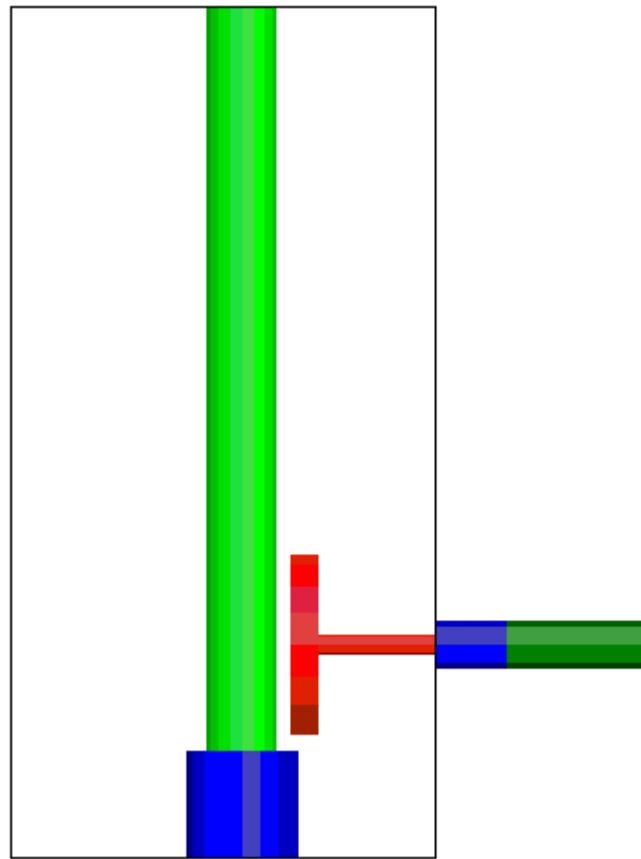
窗口大小和耦合系数之间的关系
以下是通过HFSS来确定耦合系数K值的模型：



两个谐振杆被放置于一个闭合的金属腔中，这个金属腔具有和实际滤波器相同的长宽高。两个单腔之间是两节4mm厚的金属壁，通过调节两个金属壁的尺寸来调整两腔的耦合大小。这里没有传输线，没有端口可以使信号输入或者输出，因此这种结构的谐振要通过本征模仿真来实现。在材料设置中，谐振杆、调协螺杆可以设置为良导体；腔体由空气所填充。将腔体边界条件设置为**Perfect-E**

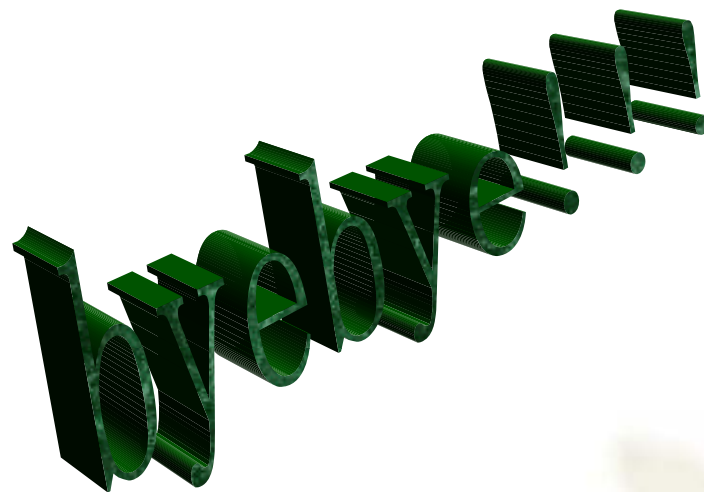
首先通过单腔模型调整谐振杆的长度，使得谐振频率达到所需值。接下来通过修改两腔之间窗口的大小，本征模求解两个频率并由此求得**K**。为了获得非常精确的结果需要更高的计算精度，在每次仿真中至少需要计算**12**次。

下图是HFSS中通过天线间隙函数来决定有载Q值的模型



一个天线与谐振杆的联合体放置在一个闭合的金属腔内。引出一个50欧姆的传输线，但是为了进行本征模分析，这个模型必须终止于一个吸收性材料的良好匹配层（PML）。为了实现这种情况，最后20mm传输线由（PML）材料的介质同轴管所取代。建立一个宏，取名为pmlmatsetup，在材料属性管理器中提供了各种材料的参数。这种结构我们可以得到和它相应的并有实际的50欧姆负载的结构相同的频率。这个单腔和实际真实的滤波器具有相同的长和前后厚度。除此之外要保证左右的长度足够长从而忽略结果误差，这种对称结构可以通过设置 Perfect-H边界条件而拓展出来。

由于笔者水平有限，文中难免很多错误之处，欢迎各位同仁批评指正。



射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>