

HFSS 场计算器使用指南

Ansoft 公司

2008 年 12 月

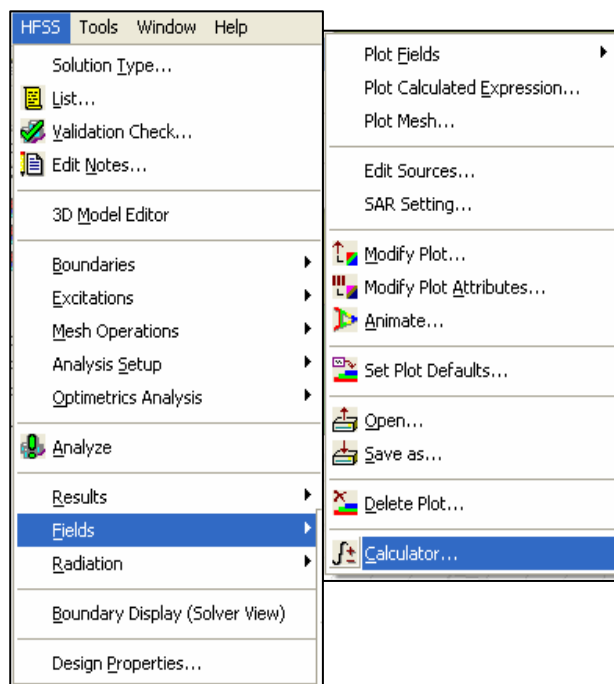
目录

1.	场计算器打开方式.....	1
2.	场计算器界面介绍.....	2
3.	场计算器功能介绍.....	2
3.1	算式输入和确认区.....	2
3.2	算式输入区操作.....	3
3.3	物理量输入.....	3
3.4	栈区数据类型.....	4
3.5	数据类型转换.....	5
3.6	General 通用运算符操作	6
3.7	标量操作.....	7
3.8	矢量操作.....	7
3.9	计算结果输出.....	8
4.	计算结果处理.....	8
4.1	计算结果报告图.....	8
4.2	计算结果场覆盖图.....	9
5.	场计算器使用实例.....	11
5.1	示例一：表面法向场幅度计算.....	11
5.2	示例二：场相位图.....	12
5.3	示例三：计算沿特定曲线切向电场的相位并作图	14
6.	使用注意事项.....	15

1. 场计算器打开方式

可以通过菜单、工程树或工具栏来打开场计算器。

(1) 通过菜单打开：HFSS > Fields > Calculator;

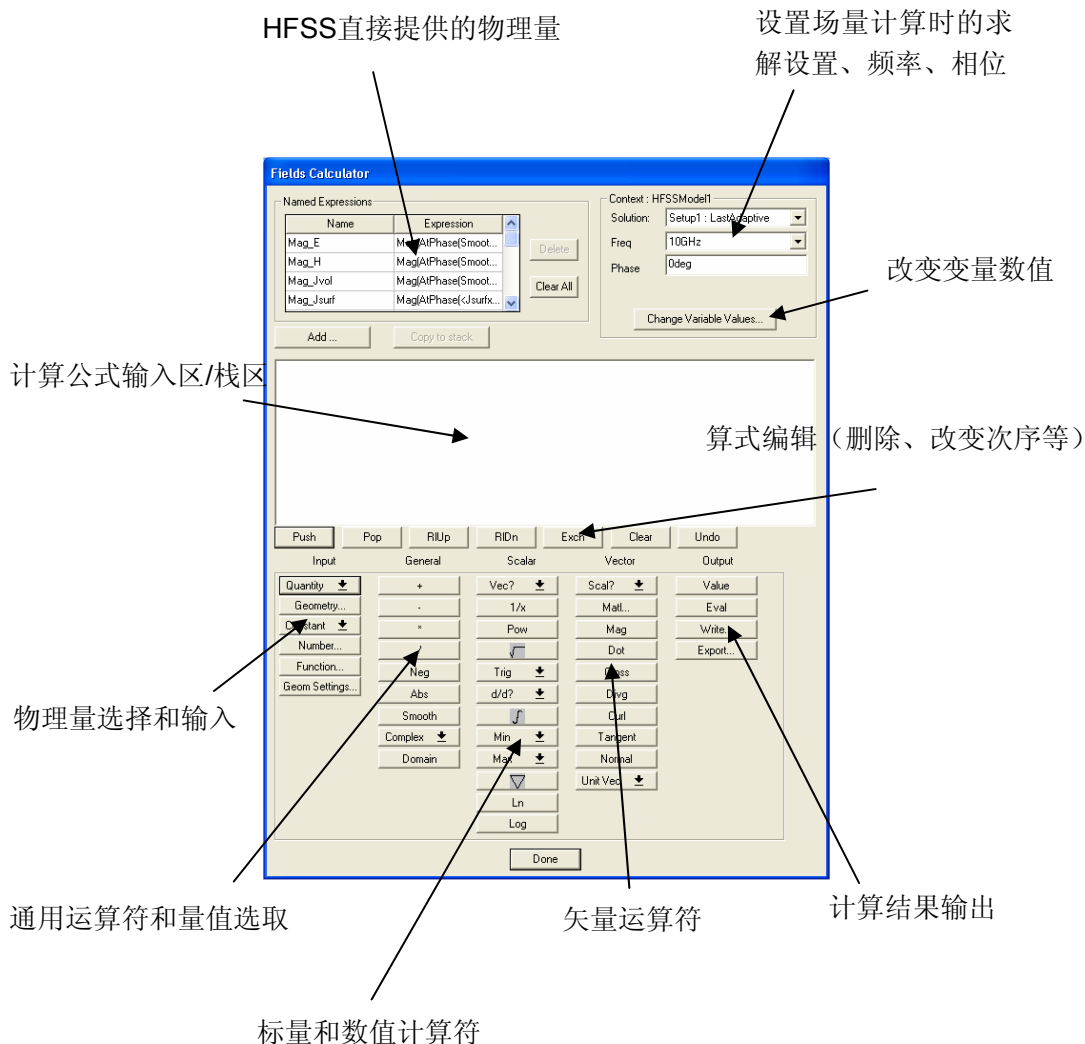


(2) 通过工程管理窗口打开：右击 Field Overlay 选择 Calculator;

(3) 通过工具栏打开;



2. 场计算器界面介绍

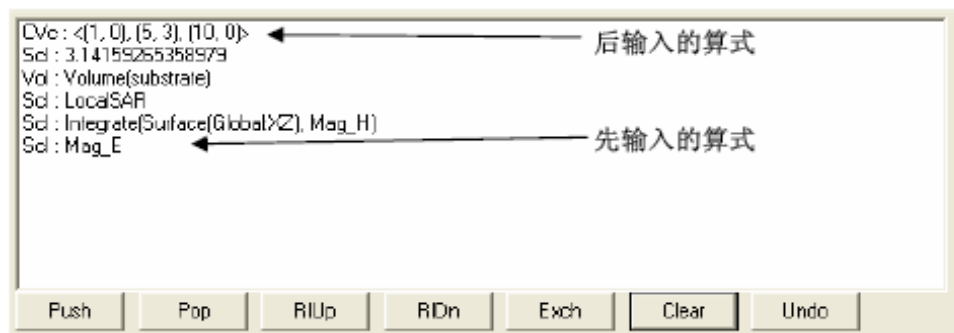


3. 场计算器功能介绍

3.1 算式输入和确认区

算式输入自上而下，最上面算式是最新输入的，最下面算式的是最先输入的。

注意：这与传统的手持式数学计算其输入是相反的。



3.2 算式输入区操作

算式输入区操作是通过其底部一排按钮实现的。

Push: 压栈，将算式显示区的第一行压入栈区作缓存。

Pop: 出栈，将栈区中的算式弹出进入算式输入区，算是中原有的第一行删除。

Rlup: 向上滚动，栈区顶行移动到栈区底部，栈区内其他部分上移。

Rldn: 向下滚动，栈区底行移动到栈区顶部，栈区内其他部分下移。

Exch: 交换，算式区的第一行和第二行上下交换。

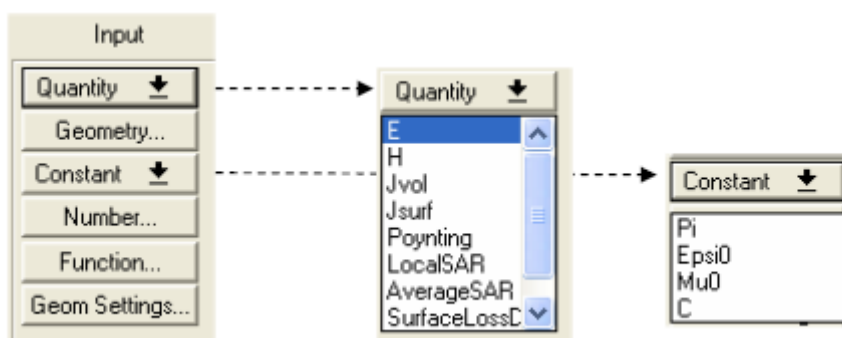
Clear: 清除，清除算式输入区的公式。

Undo: 撤销上一步操作。

3.3 物理量输入

输入栏 Input Column 包括所有计算所需的物理量：场数据、几何结构数据、数值。点击 Qty (quantity)下拉菜单可以输入当前工程的场数据（如电场、磁场、坡印廷矢量等）。

所有物理量输入都是基于当前的激励情况（在 Edit Source 中可以更改场的激励）



E: 电场；

H: 磁场；

Jvol: 体电流，由如下公式计算，包含传导和位移电流。

$$(\sigma + j\omega\epsilon'')\bar{E}$$

Jsrf: 面电流，由如下公式计算：

$$\hat{n} \times \left(\bar{H} \Big|_{top} - \bar{H} \Big|_{bottom} \right)$$

n 是面的法线。

Poynting: 坡印廷矢量；

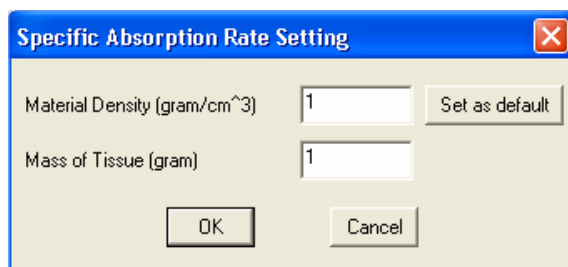
$$\frac{1}{2}(\bar{E} \times \bar{H} *)$$

Local SAR: 局部比吸收率和 **Average SAR** 平均比吸收率，计算如下：

$$\frac{\sigma \cdot E^2}{2\rho}$$

ρ 是质量密度。

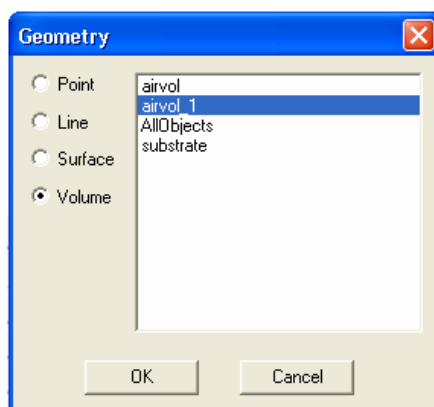
局部比吸收率是根据初始场量计算得到的，平均比吸收率是对于每个网格点计算包围该网格点的小体积的平均 SAR。该体积通过 HFSS > Fields > SAR Setting... 设置确定。



Surface Loss Density 面损耗密度和 **Volume Loss Density** 体损耗密度：可以直接输出到 Ansoft ePhysics™ 模块中进行热分析的量。通过如下公式计算得到：

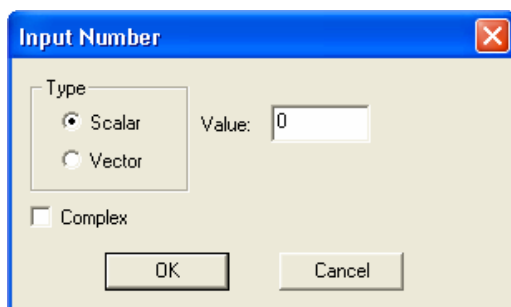
$$\frac{1}{2} \text{Re}(\vec{E} \bullet \vec{J}_{vol}^*)$$

Geometry: 计算中所用到的几何结构。



Constant: 常数选择在物理和电磁场中常用的常数，如 Pi, E0, U0, C 等。

Number: 输入标量、矢量、复数等计算中用到的数。



Function: 调用预先定义的变量和 HFSS 内部保留的变量。

Geometry Settings: 设置几何结构的采样点数。

3.4 栈区数据类型

通过一系列输入、运算操作之后，栈区会出现不同种类的数据类型。

栈区中的数据格式：左边是数据类型，右边是相应的赋值，中间用冒号隔开。

```
VecSrf : Value(Surface(Global:YZ], Real(<Jsrfx,Jsrfy,Jsrfz>))
Scl : 3.14159265358979
Scl : 5
Srf : Surface(Global:XZ]
Vol : Volume(airvol_1)
CVc : <Ex,Ey,Ez>
CVc : <(2, 3), (5, 5), (5, -9)>
Scl : LocalSAR
Vec : Real(<Jsrfx,Jsrfy,Jsrfz>)
```

数据类型共分三大类: Quantity, Geometry, Combination.

Quantity: 主要是场数据、用户自定义数据或者是先前操作的数据结果。

Csc: 表示标量复数, 形式为 (Re, Im)。

Cvc: 表示矢量复数, 形式为(Vx, Vy, Vz), Vx = (Re, Im)。

Vec: 表示三维矢量, 形式为 (Vx, Vy, Vz) , 其中 Vx 等是标量。

Scl: 表示标量值。

Geometry: 是几何结构。

Vol: 表示几何体, 一般为物体名称。

Srf: 表示面, 可以是单独的面也可以是几何体上的其中一面。

Lin: 表示线, 可以是封闭的也可以是开放的。

Pnt: 表示点。

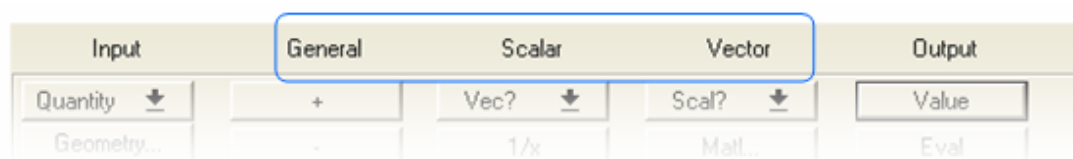
Combination: 在一定区域内的数据, 比如, SclSrf 在一个几何面上的标量数据。

3.5 数据类型转换

数据类型在进行一定操作之后会发生自动转换:

- (1) 基于操作的变换, 如两个矢量进行点乘变成标量。
- (2) 类型组合, 如在几何表面 Srf 上取矢量 Vec 的值 Value, 得到 VecSrf 数据。
- (3) 几何类型数据一般不能转换。

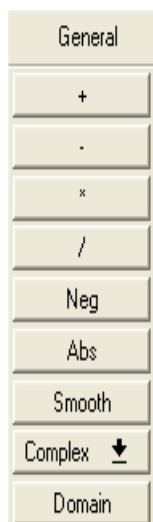
场计算器中大多数操作都只能针对特定类型的数据, 并归类于场计算器中的某一栏。



General 操作可针对不同类型的数据。Vector 操作只能作用于矢量数据, 而 Scalar 操作只能作用于标量数据。下表是对数据类型、操作、类型转换的一个简单总结。

DATA CONVERSION		Convert To....			
		Cvc	Csc	Vec	ScI
Converting From...	Cvc		Mag (vector mag) or Scal? > X, Y, or Z	Complex > Real, Imag, CmplxMag, CmplxPhase, or AtPhase	(No Single Operation)
	Csc	Vec? > X, Y, or Z		(No Single Operation)	Complex > Real, Imag, CmplxMag, CmplxPhase, or AtPhase
	Vec	Complex > ComplexReal or ComplexImag	(No Single Operation)		Mag (vector mag) or Scal? > X, Y, or Z
	ScI	(No Single Operation)	Complex > ComplexReal or ComplexImag	Vec? > X, Y, or Z	

3.6 General 通用运算符操作



+ (plus)相加运算：寄存器之间的加法运算，数据可以是矢量、标量、复数或者实数，但两者必须一致。

- (minus)相减运算：算式输入区的第一行减去第二行，数据可以是矢量、标量、复数或者实数，但两者必须一致。

x (multiply)相乘运算：算式输入区的第一行乘以第二行。其中一行必须是标量，另一行可以是标量也可以是矢量，但必须是实数。

/ (divide)相除运算：算式输入区的第一行除以第二行。其中一行必须是标量，另一行可以是标量也可以是矢量，但必须是实数。

Neg 取负：在第一行的算式前加负号。可用于矢量、复数、标量。

Abs 取绝对值：对第一行的算式取绝对值。可用于矢量、复数、标量。

Smooth 平滑：对第一行的算式进行平滑操作。在作图时使曲线平滑，由于网格剖分和求解精度的关系，场量在跨越网格时可能在数值上产生跳跃。可作用于所有数据类型。直接输出的场量计算都已自动进行该操作。

Complex 对第一行的算式进行复数运算。

Real 和 **Imag** 取复数的实部和虚部。

CmplxMag 取复数的幅度值(矢量或标量)。

CmplxPhase 取复数的幅度值(矢量或标量)。

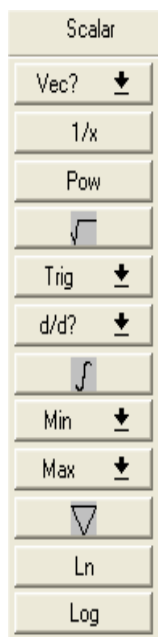
Conj 取复数的共轭，如复数 $C = A + jB$ ，取共轭计算后 $C^* = A - jB$ 。

AtPhase 取特定相位下的场量。

CmplxReal 和 **CmplxImag** 将第一行的标量（矢量或非矢量）转化为某一复数的实部和虚部值。通常将其作用于只读数据，以便进行复数操作。

Domain 为算式中的场量限定空间，在作图或计算时，将计算在限定的空间进行。使用方法：首先建立算式，得到所需 的场量；在 **Geometry** 中选定三维物体；点击 **Domain**。

3.7 标量操作



Vec? > X, Y, 或 Z 作用于第一行的标量或者复数标量使其变为矢量的相应某一个分量。
(数据将变为矢量或者复矢量)

1/x 倒数: 求算式的倒数。复数或实数。

Pow 乘方: 输入次序: 在第一行填入底数; 填入乘方数; 单击[Pow]; 显示出乘方式。

$\sqrt{\quad}$ 开平方。

Trig 输入三角函数运算符: sin, cos, tan, asin, acos, atan, and atan2. 作用于第一行的实数数据, 以弧度为单位。Atan 角度范围为 -90 到 90 度, atan2 角度范围为 -180 到 180 度

d/d? > X, Y, 或 Z 微分运算。

\int 积分运算: 可在线、面或体上对各种物理量进行积分运算。在第一行上显示几何结构, 第二行输入积分计算的物理量。计算输入次序: 首先建立算式, 得到所需 的场量, 在 Geometry 中选定积分计算的几何体 (线、面或体), 点击积分命令, 进行积分运算, 得到积分算式, 点击[Eval]得到积分数值。

Note: 对复数积分时可对实部和虚部分开操作, 然后再通过 ComplexReal 和 ComplexImag 进行操作得到结果。

Min 和 **Max** 均包含 Value 和 Position 两个操作。可以得到最小和最大的场数据和位置。该操作对象必须是非复数标量并限于某些特定操作 (Domain 或 Value) 如: ScfLin, ScfSrf, ScfVol。

∇ 梯度计算: 操作对象可以是复数, 结果数据是矢量。

Ln 和 **Log** 自然对数计算和常用对数计算, 两者操作对象是实数, 正标量数据。(如对一些量取对数, 必须先通过 Abs 操作取绝对值确保数据非负)

3.8 矢量操作.



Scal? > X, Y, 或 Z 矢量的幅度, 可选 X, Y 或 Z 分量。

Matl: 第一行的算式与材料特性进行乘除运算。输入过程: 选择[Matl]。显示[Material Operation]; 选择材料特性, Permittivity (epsi):相对介电常数, Permeability (mu):相对磁导率, Conductivity:电导率, Omega (ω):角频率、 ω 选择[Multiply] 或 [Divide]; [OK] 结束。

Mag 得到矢量算式的幅度。不影响复数形式。

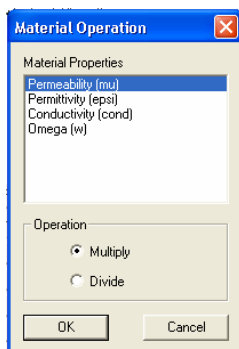
Dot 和 **Cross** 点乘和叉乘。Dot 操作后结果变为标量 (实数或复数, 依赖于操作的矢量形式)。

Divg (Divergence)和 **Curl** 矢量散度计算和矢量旋度计算。Divg 操作后结果为标量。

Tangent 矢量在曲线上切向分量计算。建立矢量算式; 通过[Geometry/Line] 选择物体; 选择[Tangent] 计算切向分量。

Normal 计算物体表面或曲面上的法向分量。

Unit Vec > Tangent 和 Normal, 法向或切向单位矢量。Tangent: 切向单位矢量; Normal: 法向单位矢量。



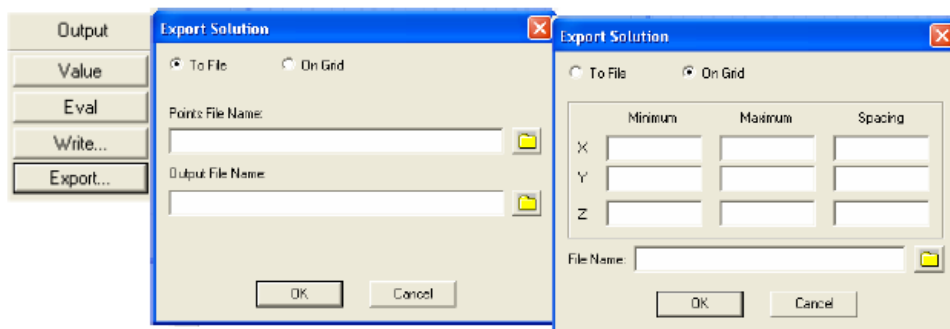
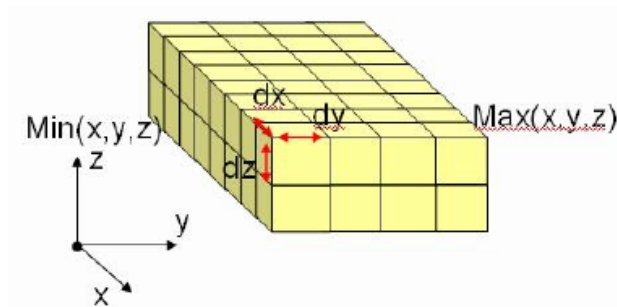
3.9 计算结果输出

Value 计算空间某点的场量值，场量幅度值，场量的 X , Y , Z 分量。第二输入行的数据可以是矢量或标量但必须是实数。第一行的几何图形可以是任意（点、面、线或体）。

Eval 得到积分运算、最大值、最小值等数值计算结果，不显示单位。必须是单个数据，数据格式可以是标量、复数、矢量。

Write 将算式计算的结果以文件形式存盘以供 HFSS 之外所用。

Export 将算式得到的场量按坐标范围输出。



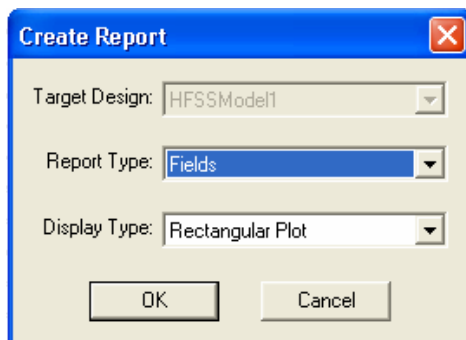
4. 计算结果处理

4.1 计算结果报告图

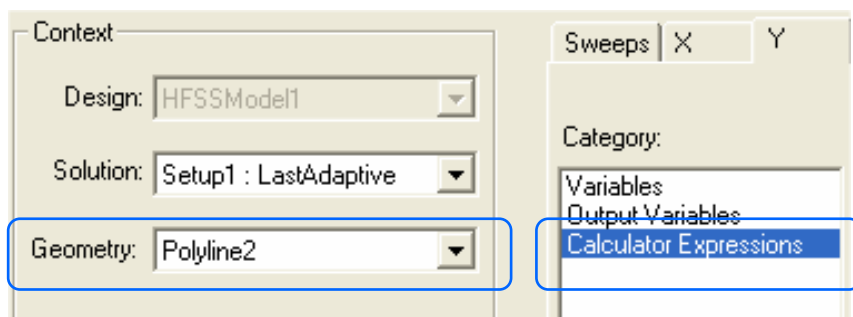
计算器中计算的结果可以是数值也可以在 Report Editor 作图。

操作如下：

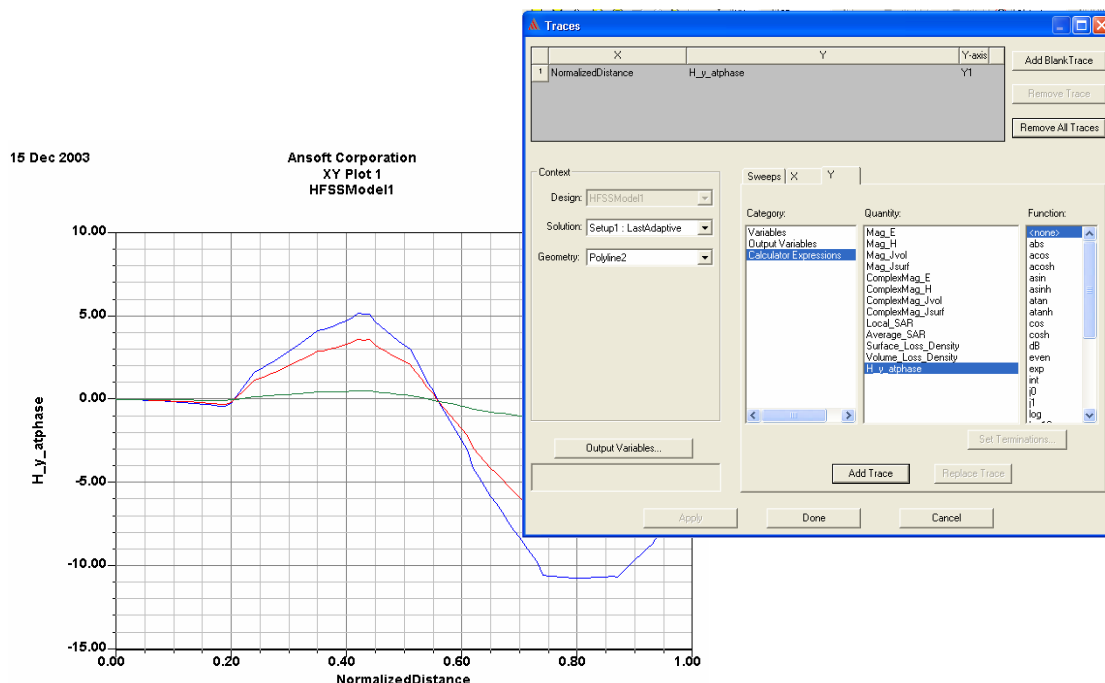
- (1) 利用场计算器生成一个计算并命名 (Named Expression)；
- (2) 在当前设计中作一条线 (model or non-model)；
- (3) 在结果报告中将已命名的量在线上作图；
- (4) 创建报告，选择 Fields；



注：对于不需要线存在的场计算，仍然要使用一条线来激活计算器中输出的场量。如果没有线，Traces 窗口将不会出现 Calculator Expressions 这一项，即使场计算器的结果与坐标位置无关（如对一个体的积分结果）。



- (5) 在 Traces 对话框中定义求解的内容（选择一条线，即使实际并不需要使用）；
- (6) 在 Sweeps 表单中，定义相应的扫描变量与扫描点；
- 对于需要使用（Geometry）线的计算结果，采用 NormalizedDistance，归一化长度。
- (7) 在 X 一栏中设置 “Use Primary Sweep”。
- (8) 在 Y 一栏中选择 Calculator Expressions。用户建立的 Named Expression 场量表达式列在 Quantity 一栏的底部。在 Function 中选择 None。
- (9) 点击 Add Trace 并确认 Done 生成报告。

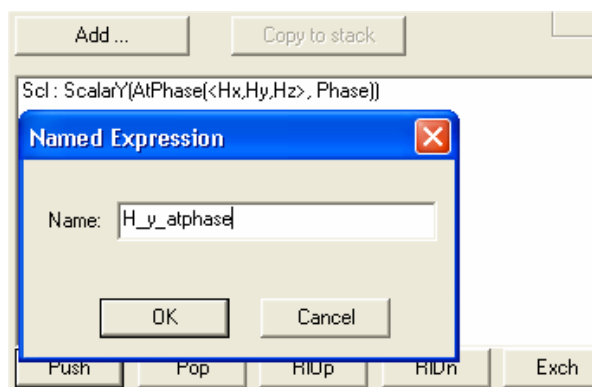


4.2 计算结果场覆盖图

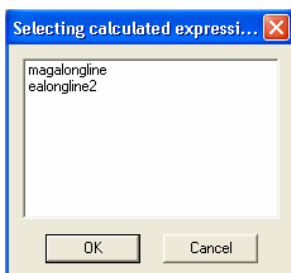
场计算器中任何一个结果保存为命名表达式后（Named Expression）均可以作出场覆盖图 Field Overlay。和结果中已有的标准场量输出方式是一样的。

在场计算其中生成表达式：点击 Named Expression 下面的 Add... 按钮。

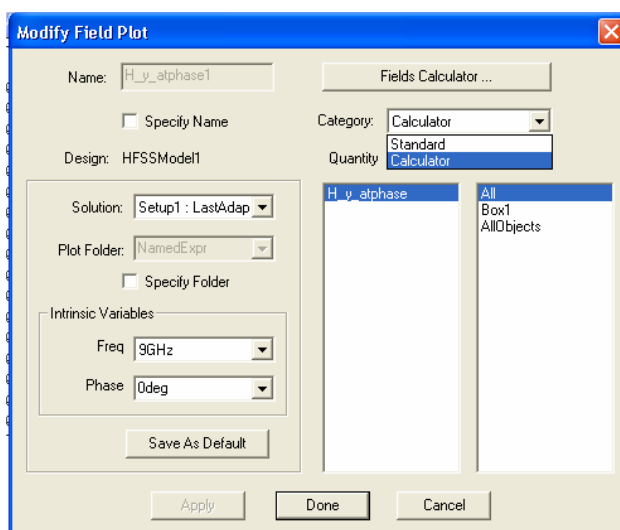
下图是保存一个标量数据，特定相位下的磁场 y 轴分量。



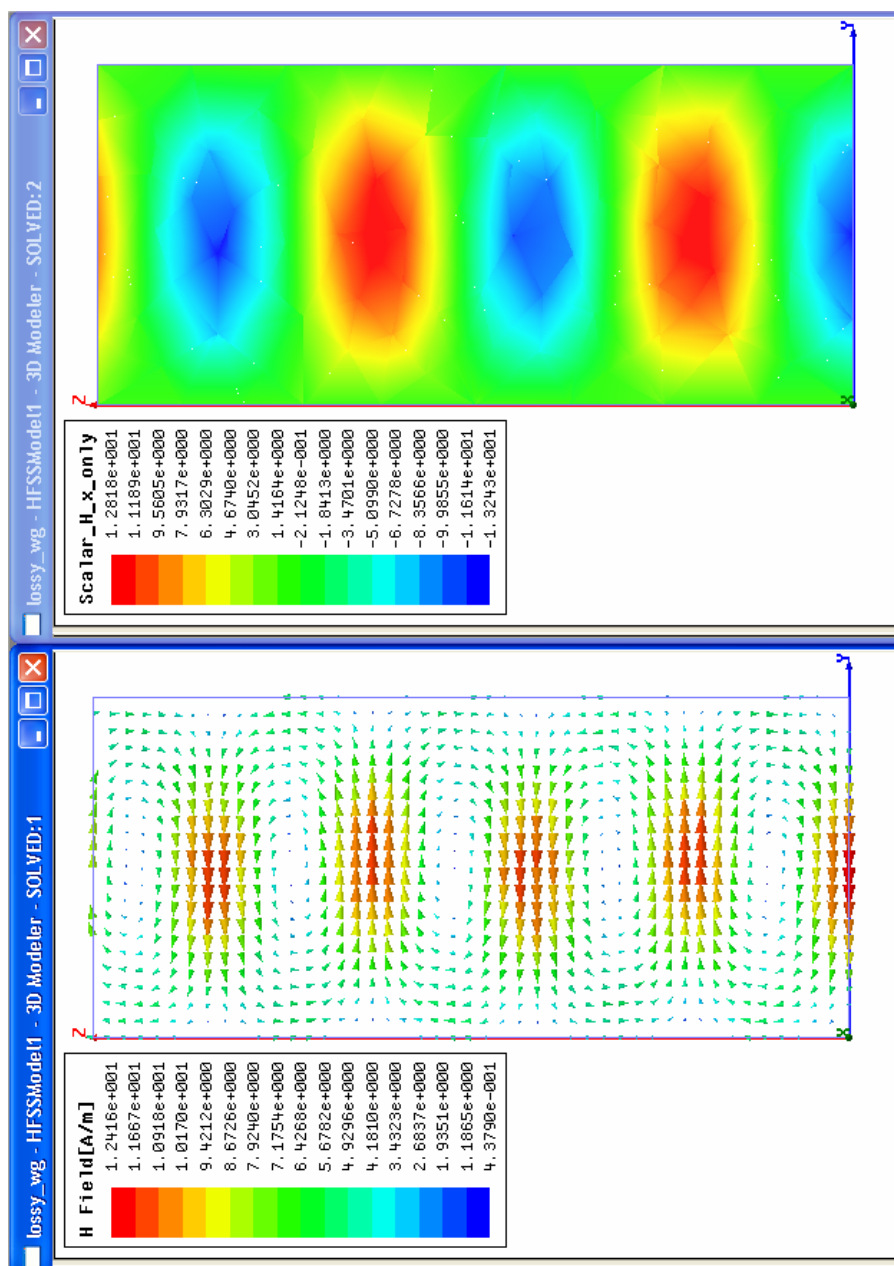
然后直接可以像标准常量一样作场覆盖图 HFSS > Fields > Plot Calculated Expression



同样，可以在 Modify Plot... 对话框中选择 Calculator，显示输出变量目录。点击用户自定义的表达式名称，作出场覆盖图。



下面的例子显示的是标准的 Vector_H 场图和在场计算器中自定义的表达式：
 $\text{ScalarY}(\text{AtPhase}(\langle H_x, H_y, H_z \rangle, \text{Phase}))$ 场图。可以看到自定义的场量有正有负，这是因为计算的时候没有像标准幅度场一样取幅度或绝对值（Mag 或 Abs）。同时可以注意到矢量场图的 Y 轴分量与自定义场图的结果是一致的。



5. 场计算器使用实例

5.1 示例一：表面法向场幅度计算

输出类型：场覆盖图

举例：显示通过小孔耦合的场（如 Bethe 耦合孔）

步骤：

- (1) 选择 Quantity (如 H 场)；

CVc: <Hx,Hy,Hz>

- (2) 选择 Function > Scalar > "Phase";

Scl: Phase
Cvc: <Hx,Hy,Hz>

(3) 选择 Complex > AtPhase;

Vec: AtPhase(<Hx,Hy,Hz>, Phase)

(4) 选择 Geometry > Surface > 选择一个对象(如 Facelist1);

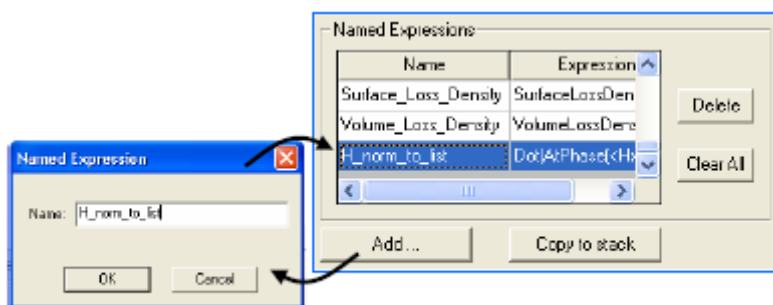
(5) 选择 Unit Vec > Normal;

Vec: Normal(Surface(Facelist1))
Vec: AtPhase(<Hx,Hy,Hz>, Phase)

(6) 选择 Dot;

Scl: Dot(AtPhase(<Hx,Hy,Hz>, Phase), Normal(Surface(Facelist1)))

(7) 点击 Add... 将计算式列入命名表达式并指定名称。(如: H_norm_to_list);

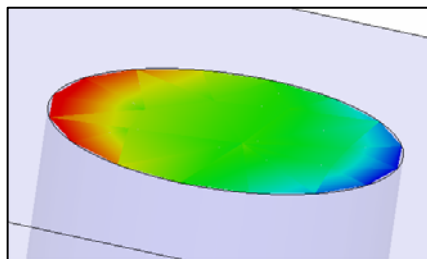
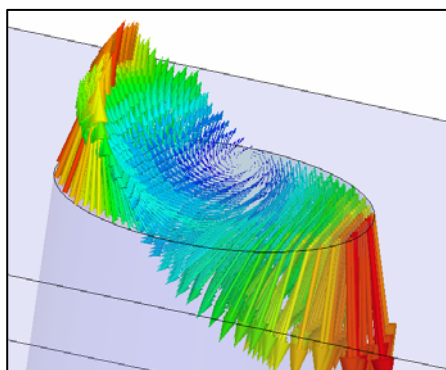


(8) 点击 close, 关闭场计算器;

(9) 选择 Step 4 中指定的面作出场覆盖图。

结果:

下图左图是小孔面上的磁场矢量场图, 右图是磁场在表面法向分量的幅度场图。



5.2 示例二: 场相位图

输出类型: 场覆盖图

举例: 显示不同材料中的波传播速度的变化

步骤:

(1) 选择 Quantity (如, E 场);

Cvc: <Ex,Ey,Ez>

(2) 选择相应的极化方向 Scal? > ScalarZ;

CSc: ScalarZ[<Ex,Ey,Ez>]

(3) 选择 Complex > CmplxPhase;

Scl: Phase[ScalarZ[<Ex,Ey,Ez>]]

(4) (转换成度数) 选择 Constant > Pi;

Scl: 3.14159265358979
Scl: Phase[ScalarZ[<Ex,Ey,Ez>]]

(5) 选择 “/” (除);

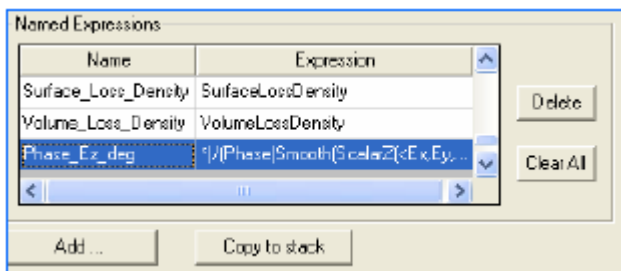
Scl: /(Phase[ScalarZ[<Ex,Ey,Ez>]], 3.14159265358979)

(6) 选择 Number > Scalar 输入 “180”;

Scl: 180
Scl: /(Phase[ScalarZ[<Ex,Ey,Ez>]], 3.14159265358979)

(7) 选择 “*” (乘);

(8) 点击 Add... 按钮命名输出表达式 (如 Phase_Ez_deg);

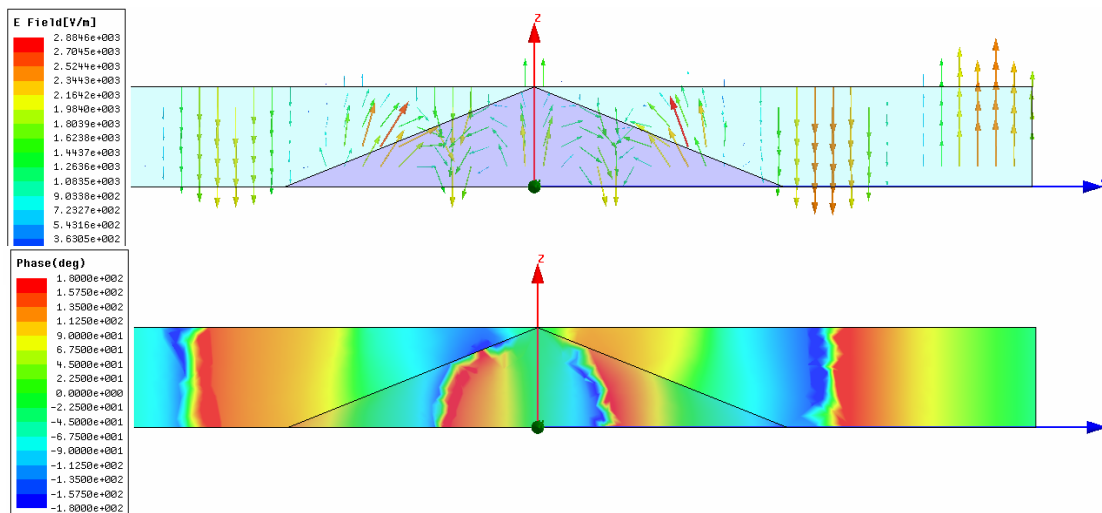


(9) 关闭场计算器;

(10) 选择相应的面作场覆盖图。

结果:

下面是一段中间填有 $\epsilon_r = 4$ 的楔形填充物的矩型波导。上面的图是 E 场矢量场图。下图是 E 场的相位图。可以很直观的看到波在不同某介中传播时速度 (相位改变) 发生的变化。



5.3 示例三：计算沿特定曲线切向电场的相位并作图

输出类型：结果报告

举例：在周期性介质中沿某条通路的相位的变化。

步骤：

- (1) 选择 Quantity (如 E 场);

CVc: <Ex,Ey,Ez>

- (2) 选择 Geometry > Line > 选择指定的线 (如 Polyline2);

Lin: Line(Polyline2, 1000)
CVc: <Ex,Ey,Ez>

- (3) 选择 Unit Vec > Tangent;

Vec: Tangent(Line(Polyline2, 1000))
CVc: <Ex,Ey,Ez>

- (4) 选择 Complex > CmplxReal;

CVc: CmplxR(Tangent(Line(Polyline2, 1000)))
CVc: <Ex,Ey,Ez>

- (5) 选择 Dot;

CSc: Dot(<Ex,Ey,Ez>, CmplxR(Tangent(Line(Polyline2, 1000))))

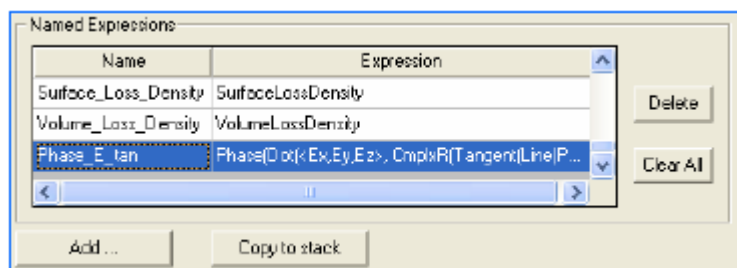
- (6) 选择 Complex > CmplxPhase;

Scl: Phase(Dot(<Ex,Ey,Ez>, CmplxR(Tangent(Line(Polyline2, 1000)))))

- (7) 点击 Add....命名输出表达式, 如 “Phase_E_tan”;

- (8) 关闭场计算器;

- (9) 选择菜单项 HFSS > Results > Create Report, 选择 Fields 类型, 结构选为步骤 2 中的线, 在 Calculator Expressions 中选择刚才命名的表达式“Phase_E_tan”。



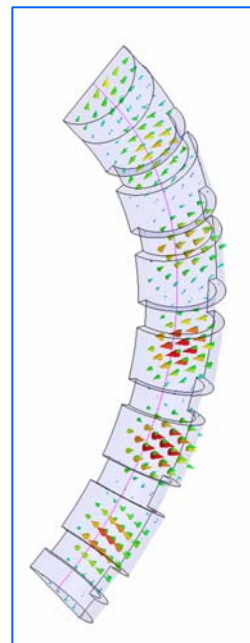
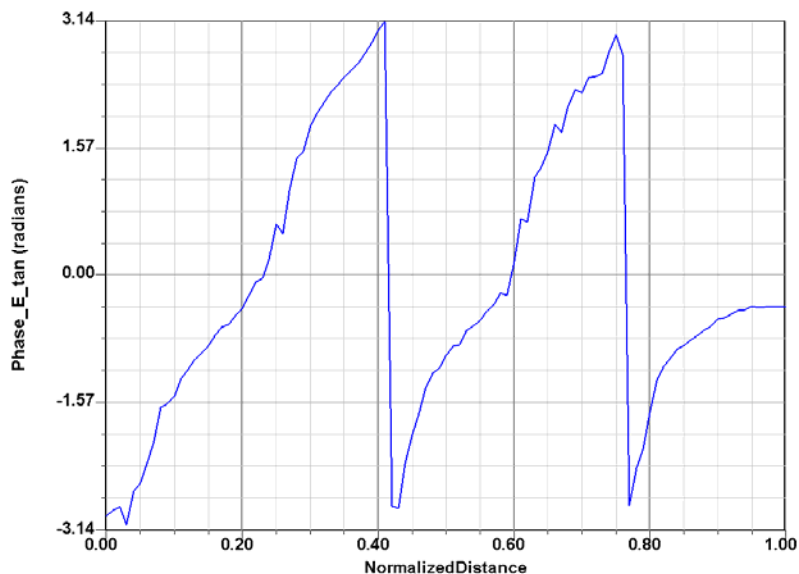
结果：

一段弯曲的结构周期性变化的波导模型如下图右图所示, 中间为一条曲线。沿该曲线的切向电场矢量如下图左图所示。

07 Jan 2004

Phase E along centerline in Radians, 2.3 GHz
XY Plot 2
HFSSModel1

07:30:00



6. 使用注意事项

(1) 要得到更高精度的计算结果，可以在计算空间或准备进行积分等运算的区域通过手动方法细化网格。

(2) 采用 Fast sweep 时，离开 Solution Frequency 越远，则计算精度越低，推荐选择偏离求解频率±20% 以内进行计算。

(3) 单位与标准：HFSS 中场的输出采用 MKS 单位。

(4) 场计算器中的原始场数据与 HFSS 工程中的激励源相关，在使用场计算器之前将激励源设置 (Edit Source) 为所需的值。

(5) 本征模式 **Eigensolution** 下的场数据采用归一化的数据。

(6) 三角函数中使用的默认单位是弧度。

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>