

9种电磁仿真软件和方法，你会几种？



技术邻

公众号：技术邻优化设计学院

60 人赞同了该文章

计算电磁学中有众多不同的算法，如时域有限差分法(FDTD)、时域有限积分法(FITD)、有限元法(FE)、矩量法(MoM)、边界元法(BEM)、谱域法(SM)、传输线法(TLM)、模式匹配法(MM)、横向谐振法(TRM)、线方法(ML)和解析法等等。



Element Method), 和传输线法(TLM -- Transmission-Line-matrix Method)。

在时域，数值算法有：时域有限差分法(FDTD - Finite Difference Time Domain), 和有限积分法(FIT - Finite Integration Technology)。

这些方法中有解析法、半解析法和数值方法。数值方法中又分零阶、一阶、二阶和高阶方法。依照解析程度由低到高排列，依次是：时域有限差分法(FDTD)、传输线法(TLM)、时域有限积分法(FITD)、有限元法(FEM)、矩量法(MoM)、线方法(ML)、边界元法(BEM)、谱域法(SM)、模式匹配法(MM)、横向谐振法(TRM)、和解析法。

依照结果的准确度由高到低，分别是：解析法、半解析法、数值方法。

在数值方法中，按照结果的准确度有高到低，分别是：高阶、二阶、一阶和零阶。

时域有限差分法(FDTD)、时域有限积分法(FITD)、有限元法(FEM)、矩量法(MoM)、传输线法(TLM)、线方法(ML)是纯粹的数值方法;边界元法(BEM)、谱域法(SM)、模式匹配法(MM)、横向谐振法(TRM)则均具有较高的分辨率。

模式匹配法(MM)是一个半解析法，倘若传输线的横向模式是准确可得的话。理论上，模式可以是连续谱。但由于数值求解精度的限制，通常要求横向模式是离散谱。这就要求横向结构上是无耗的。更通俗地讲，就是无耗波导结构。换言之，MM 最适用于波导空腔、高Q且在能量传输的某一维上结构具有一定的均匀性。譬如，它适用于两个圆柱腔在高度维上的耦合的分析，但不适用于两个葫芦间的耦合分析，因为后者没有非常明确的模式参与能量交换，人们只能将大量的模式一并考虑，这样就降低了 MM 的效用。

有限元法(FEM)是一种一阶纯数值方法(若用一阶元的话)。它适用于任何形状的结构，是一个通用的方法。但事物总是一分为二的。一般来说，通用方法在特殊应用领域的效率将不如特殊方法。对于高 Q 空腔滤波器设计，MM 就远优于 FEM。

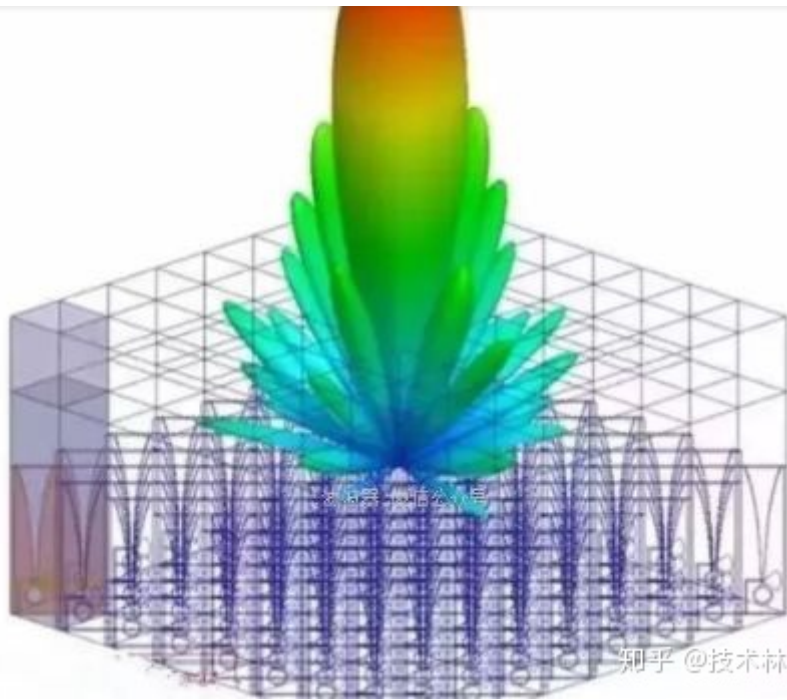
随着计算电磁学在工程应用领域影响力的不断加深，商用电磁分析软件越来越多，操作界面智能化，使得设计人员可以更加方便、直观得进行滤波器设计、天线设计、目标电磁特性分析等。

1. 以有限元法为主的微波软件有ANSYS HFSS

Ansyz HFSS

是Ansys公司推出的三维电磁仿真软件;是世界上第一个商业化的三维结构电磁场仿真软件，业界公认的三维电磁场设计和分析的电子设计工业标准。HFSS提供了一简洁直观的用户设计接口、精确自适应的场解器、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。





HFSS软件拥有强大的天线设计功能，滤波器微信公众号认为它可以计算天线参量，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。使用HFSS，可以计算：

① 基本电磁场数值解和开边界问题，近远场辐射问题;② 端口特征阻抗和传输常数;③ S参数和相应埠阻抗的归一化S参数;④ 结构的本征模或谐振解。而且，由Ansys HFSS和Ansys Designer构成的Ansys高频解决方案，是目前唯一以物理原型为基础的高频设计解决方案，提供了从系统到电路直至部件级的快速而精确的设计手段，覆盖了高频设计的所有环节。

2. 以有限积分法为主的微波软件有CST Microwave Studio

CST MICROWAVE STUDIO

CSY德国Computer Simulation Technology公司推出的一款高频三维电磁场仿真软件。广泛应用于移动通信、无线通信(蓝牙系统)、信号集成和电磁兼容等领域。CST仿真软件包含的主要产品有：CST微波工作室、CST设计工作室、CST电磁工作室以及马飞亚(MAFIA)。CST微波工作室是专门用于高频领域电磁分析和设计的软件，它是一款无源微波器件和天线的仿真软件，可以仿真耦合器、滤波器、环流器、隔离器、谐振腔、平面结构、连接器、电磁兼容、IC封装、各类天线以及天线阵列，能够给出S参数、天线方向图、增益等结果





MICROWAVE STUDIO使用简洁，能为用户的高频设计提供直观的电磁特性。

MICROWAVE STUDIO 除了主要的时域求解器模块外，还为某些特殊应用提供本征模及频域求解器模块。

CAD文件的导入功能及SPICE参量的提取增强了设计的可能性并缩短了设计时间。另外，由于MICROWAVE STUDIO的开放性体系结构能为其它仿真软件提供链接，使MICROWAVE STUDIO与其它设计环境相集成。

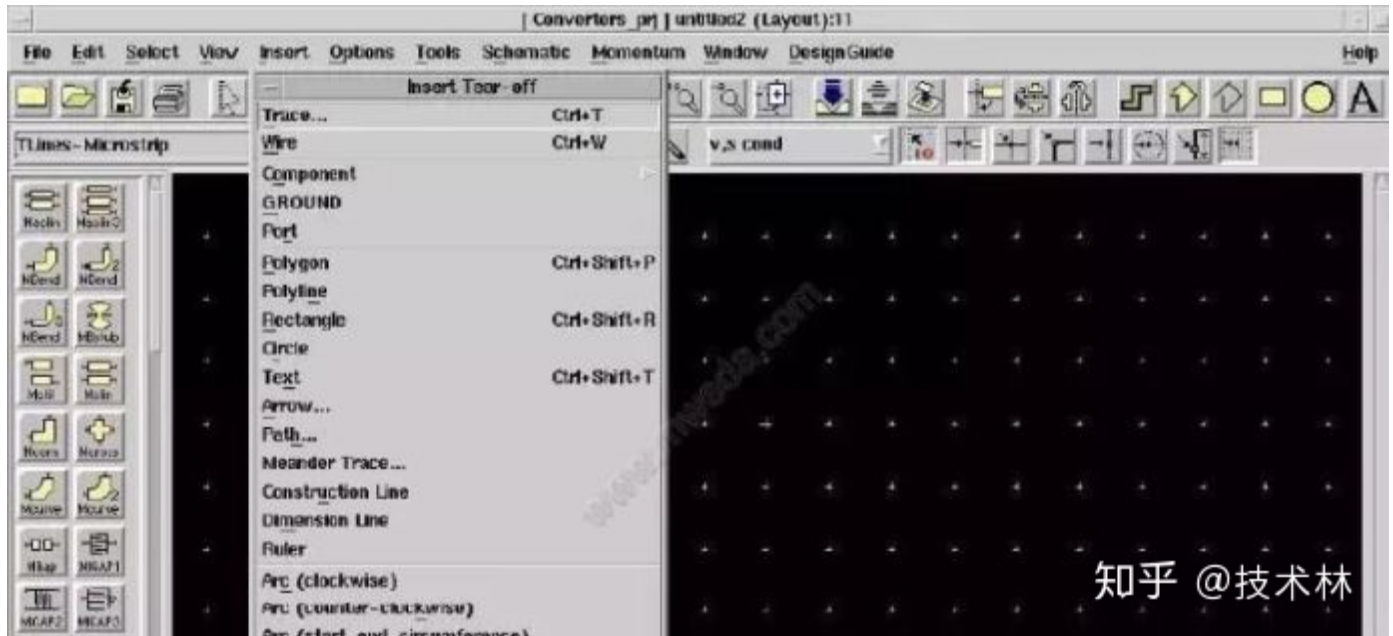
3. 以矩量法为主的微波软件有Microwave Office, ADS, Ansys Designer, XFDTD, Zeland IE3D, Sonnet, FEKO等，详情如下：

3.1 Microwave Office

是AWR公司推出的微波EDA软件，为微波平面电路设计提供了最完整、最快速和最精确的解答。它是通过两个仿真器来对微波平面电路进行模拟和仿真的。对于由集总组件构成的电路，用电路的方法来处理较为简便；该软件设有"VoltaireXL"的仿真器来处理集总组件构成的微波平面电路问题。而对于由具体的微带几何图形构成的分布参数微波平面电路则采用场的方法较为有效；该软件采用的是"EMSight"的仿真器来处理任何多层平面结构的三维电磁场的问题。"VoltaireXL"仿真器内设一个组件库，在建立电路模型时，可以调出微波电路所用的组件，其中无源器件有电感、电阻、电容、谐振电路、微带线、带状线、同轴线等等，非线性器件有双极晶体管、场效应晶体管、二极管等等。"EMSight"仿真器是一个三维电磁场模拟程序包，可用于平面高频电路和天线结构的分析。特点是把修正谱域矩量法与直观的窗口图形用户接口(GUI)技术结合起来，使得计算速度加快许多。MWO可以分析射频集成电路(RFIC)、微波单片集成电路(MMIC)、微带贴片天线和高速印制电路(PCB)等电路的电气特性。



Advanced Design System，是Agilent公司推出的微波电路和通信系统仿真软件，是国内各大学和研究所以使用最多的软件之一。其功能非常强大，仿真手段丰富多样，可实现包括时域和频域、数字与模拟、线性与非线性、噪声等多种仿真分析手段，并可对设计结果进行成品率分析与优化，从而大大提高了复杂电路的设计效率，是非常优秀的微波电路、系统信号链路的设计工具。主要应用于：射频和微波电路的设计，通信系统的设计，DSP设计和向量仿真。



3.3 Ansys Designer

是Ansys公司推出的微波电路和通信系统仿真软件;它采用了最新的窗口技术，是第一个将高频电路系统,版图和电磁场仿真工具无缝地 集成到同一个环境的设计工具，这种集成不是简单和接口集成，其关键是Ansys Designer独有的"按需求解"的技术,它使你能够根据需要选择求解器,从而实现对设计过程的完全控制。



Ansys Designer实现了“所见即所得”的自动化版图功能，版图与原理图自动同步，大大提高了版图设计效率。同时,滤波器微信公众号认为，Ansys还能方便地与其它设计软件集成到一起，可以和测试仪器连接，完成各种设计任务，如频率合成器，锁相环，通信系统，雷达系统以及放大器，混频器，滤波器，移相器，功率分配器，合成器和微带天线等。主要应用于：射频和微波电路的设计，通信系统的设计，电路板和模块设计，部件设计。

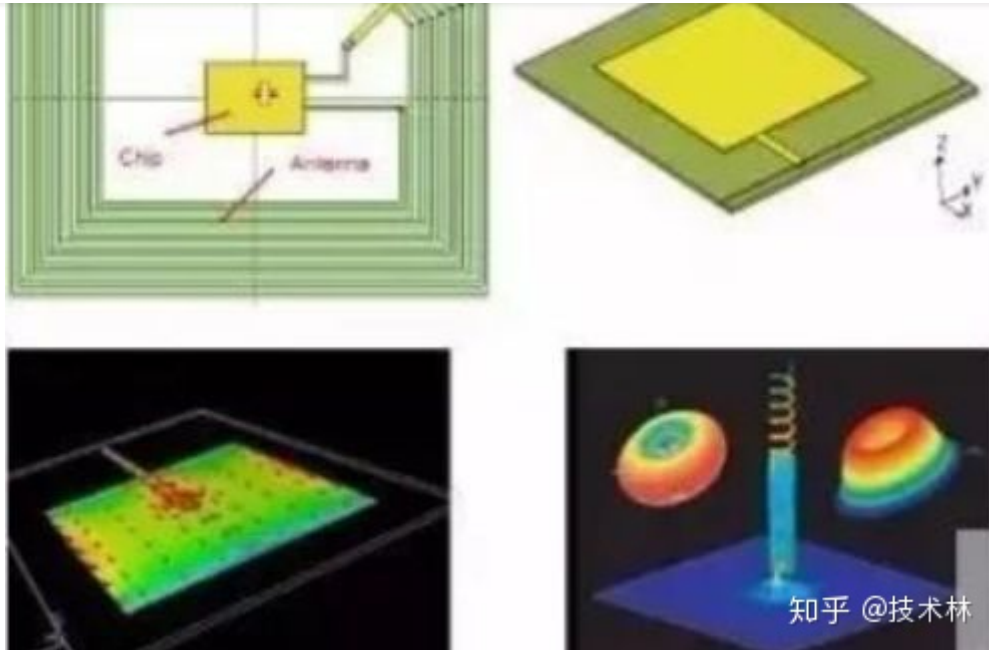
3.4 XFDTD

是Remcom公司推出的基于时域有限差分法(FDTD)的三维全波电磁场仿真软件。XFDTD用户接口友好、计算准确;但XFDTD本身没有优化功能，须通过第三方软件Engineous完成优化。该软件最早用于仿真蜂窝电话，长于手机天线和SAR计算。现在广泛用于无线、微波电路、雷达散射计算，化学、光学、陆基警戒雷达和生物组织仿真。

3.5 Zeland IE3D

IE3D是一个基于矩量法的电磁场仿真工具，可以解决多层介质环境下的三维金属结构的电流分布问题。





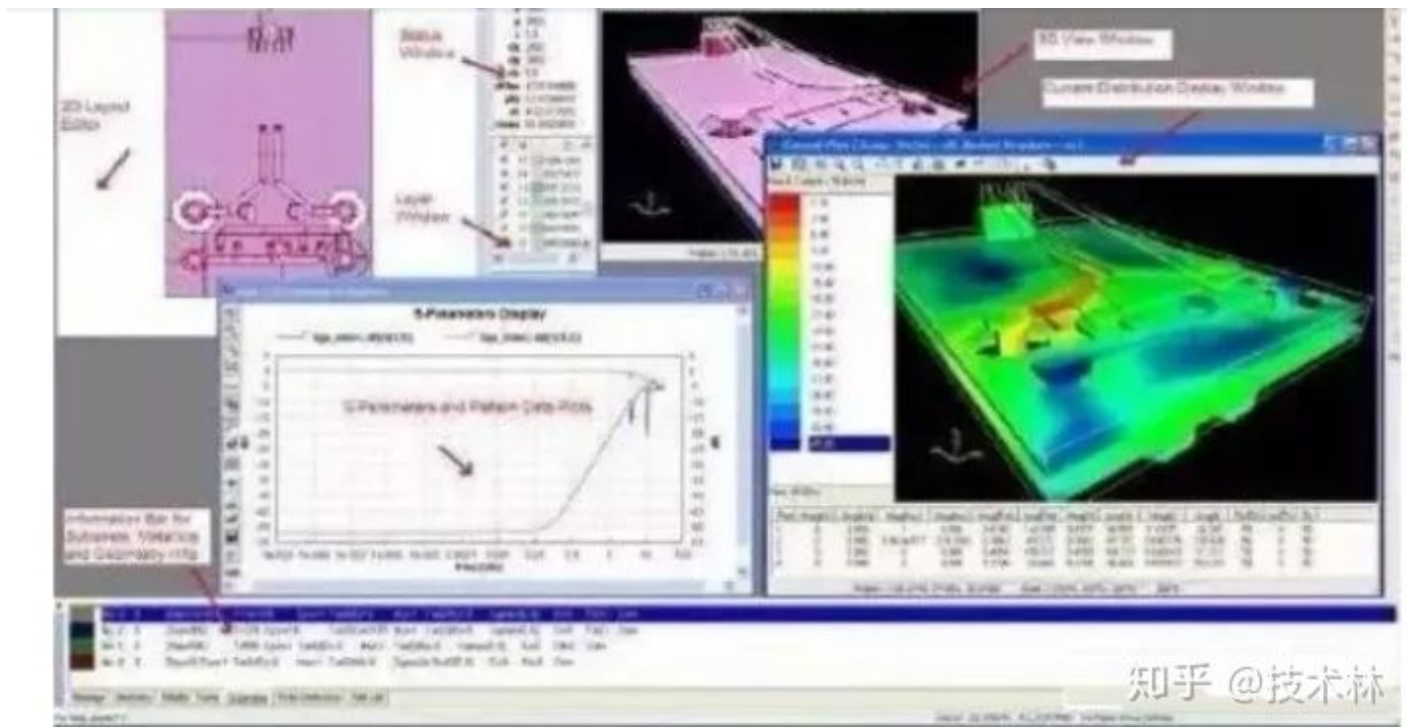
IE3D可分为MGRID、MODUA和 PATTERNVIEW三部分;MGRID为IE3D的前处理套件，功能有建立电路结构、设定基板与金属材料的参数和设定模拟仿真参数;MODUA是 IE3D的核心执行套件，可执行电磁场的模拟仿真计算、性能参数(Smith圆图，S参数等)计算和执行参数优化计算;PATTERNVIEW是IE3D 的后处理套件，可以将仿真计算结果，电磁场的分布以等高线或向量场的形式显示出来。

IE3D仿真结果包括S、Y、Z参数，VWSR，RLC等效电路，电流分布，近场分布和辐射方向图，方向性，效率和RCS等;应用范围主要是在微波射频电路、多层印刷电路板、平面微带天线设计的分析与设计。

3.6 Sonnet

是一种基于矩量法的电磁仿真软件，提供面向3D平面高频电路设计系统以及在微波、毫米波领域和电磁兼容/电磁干扰设计的EDA工具。SonnetTM应用于平面高频电磁场分析，频率从1MHz到几千GHz。



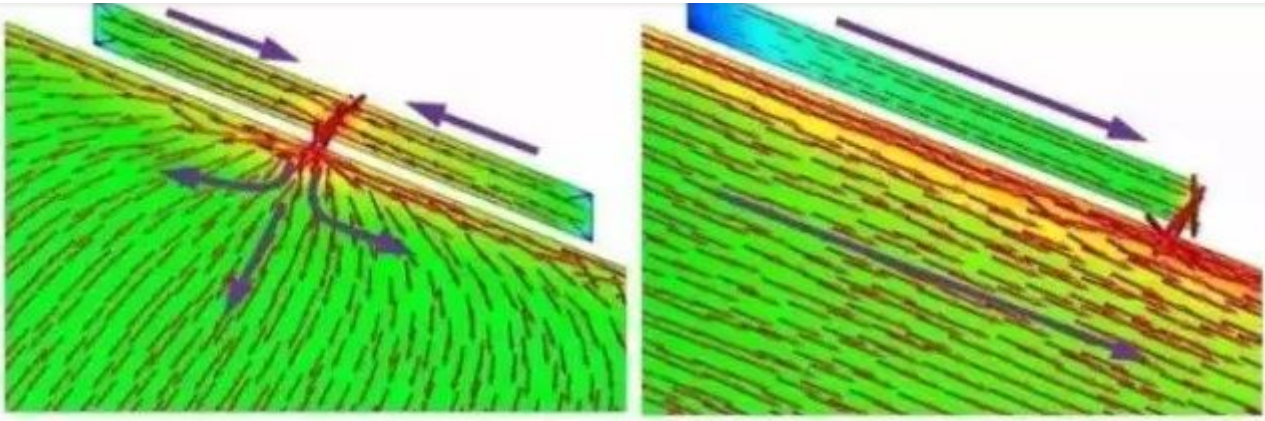


主要的应用有：微带匹配网络、微带电路、微带滤波器、带状线电路、带状线滤波器、过孔(层的连接或接地)、耦合线分析、PCB板电路分析、PCB板干扰分析、桥式螺旋电感器、平面高温超导电路分析、毫米波集成电路(MMIC)设计和分析、混合匹配的电路分析、HDI和LTCC转换、单层或多层传输线的精确分析、多层的平面的电路分析、单层或多层的平面天线分析、平面天线阵分析、平面耦合孔的分析等。

3.7 FEKO

FEKO是德语Feldberechnung bei Körpern mit beliebiger Oberfläche(任意复杂电磁场 计算)首字母的缩写。

FEKO是EMSS公司旗下的一款强大的三维全波电磁仿真软件，是世界上第一个把矩量法推向市场的商业软件。常用于复杂形状三维物体的电磁场分析。



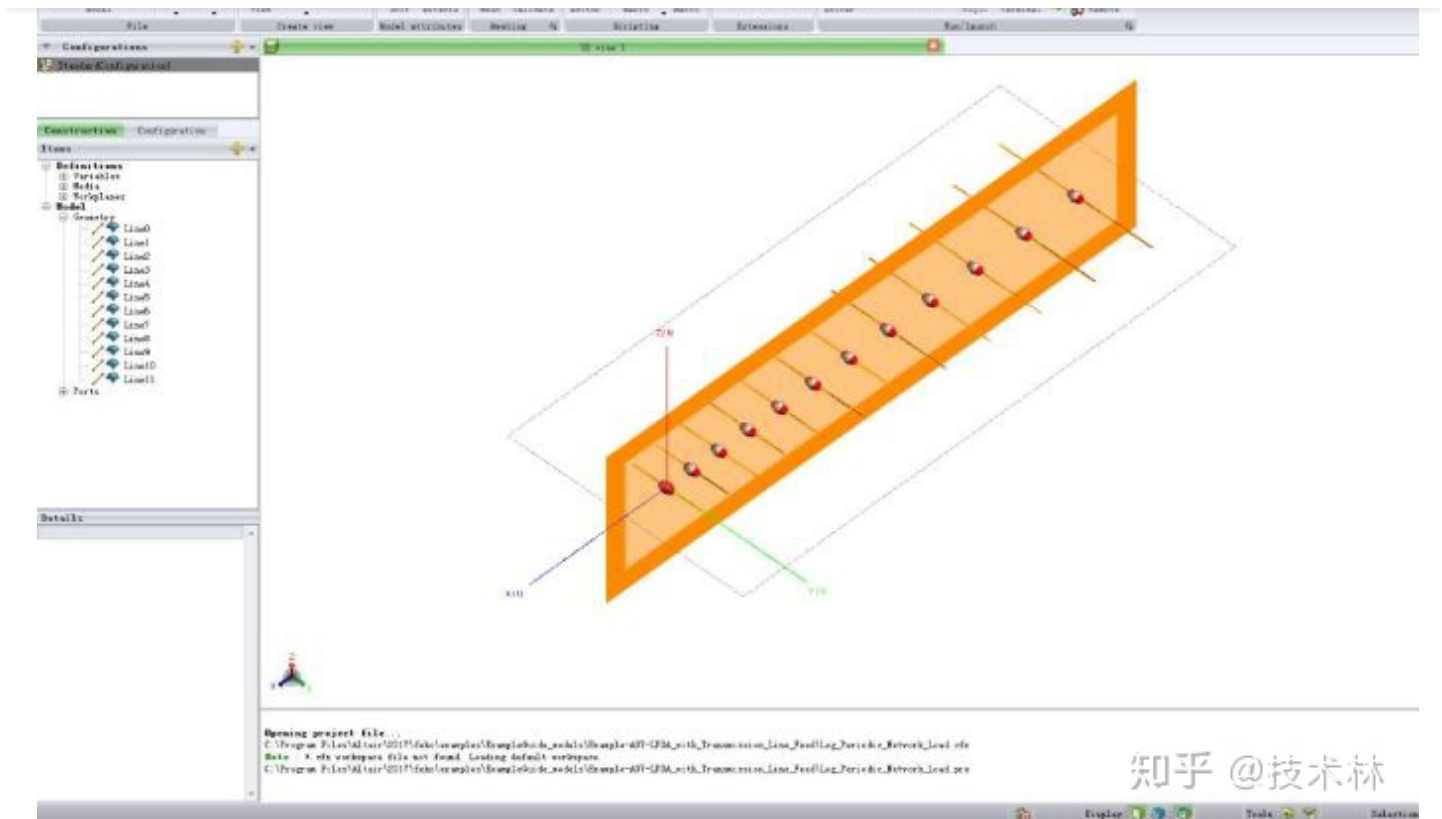
FEKO

Comprehensive Electromagnetic Solutions



FEKO是针对天线设计、天线布局与电磁兼容性分析而开发的专业电磁场分析软件，从严格的电磁场积分方程出发，以经典的矩量法(MOM: Method Of Moment)为基础，采用了多层快速多级子(MLFMM: Multi-Level Fast Multipole Method)算法在保持精度的前提下大大提高了计算效率，并将矩量法与经典的高频分析方法(物理光学PO: Physical Optics, 一致性绕射理论UTD: Uniform Theory of Diffraction)无缝结合，从而非常适合于分析天线设计、雷达散射截面(RCS)、开域辐射、电磁兼容中的各类电磁场分析问题。

5.0以后的 Feko版本更是混合了有限元法(FEM: Finite Element Method)，能更精确的处理多层电介质(如多层介质雷达罩)、生物体吸收率的问题。



操作界面

Feko通常处理问题的方法是：对于电小结构的天线等电磁场问题，FEKO采用完全的矩量法进行分析，保证了结果的高精度。对于具有电小与电大尺寸混合的结构，FEKO既可以采用高效的基于矩量法的多层快速多极子法，又可以将问题分解后选用合适的混合方法(如用矩量法、多层快速多极子分析电小结构部分，而用高频方法分析电大结构部分)，从而保证了高精度和高效率的完美结合，因此在处理电大尺寸问题如天线设计、RCS计算等方面，其速度和精度均无与伦比。

采用以上的技术路线，Feko可以针对不同的具体问题选取不同的方法来进行快速精确的仿真分析，使得应用更加灵活，适用范围更广泛，突破了单一数值计算方法只能局限于某一类电磁问题的限制。

发布于 2020-02-27

电磁仿真 信号与系统 数字信号处理

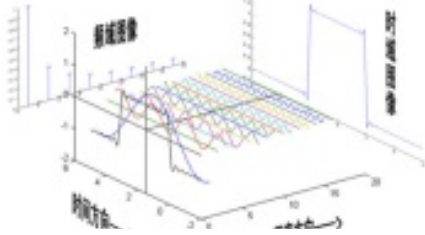
▲ 赞同 60 ▼ 8 条评论 ➤ 分享 ♥ 喜欢 ★ 收藏 ...

文章被以下专栏收录

技术邻CAE学院

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/109444550>

推荐阅读



浅谈傅里叶变换（一）

嘉弟弟

发表于通信工程学...

8 条评论

切换为时间排序

写下你的评论...



浴乎沂
COMSOL不配拥有姓名吗[哭笑][哭笑]
9

2020-03-07



涛小子 回复 浴乎沂
同感[赞同]
赞

2020-07-16



一边学术一边艺术
觉得CEM研究者 应该写过很多算法 对3D 我写过 FEM FDTD及高阶算法 SIE, VIE 及快速算法 高频 PO+PTD, 2D 写过RCWA (MM), FDFD, PS, BEM等。解析的Mie series等。觉得很多资深研究者，写的应该比我多很多。算法就是要动手，写的越多，才有体会。
1

2020-03-30



驴驴 回复 一边学术一边艺术
请问老师如何上手接触这些呢？总感觉c，python之类的学了个皮毛，这些暂时又没什么场景应用。
1

2020-03-30



你要学计算电磁学，还是从三大算法其中一个入手，比如FDTD，这个比较简单。然后找那种有代码的书，代码敲进去，运行程序，一点一点学。

👍 赞

展开其他 2 条回复



Muken

2020-06-16

感谢您推荐！

👍 赞

