

XFtdt Training (Version 7.10)

Hand-On Walk Through

Outline

- 介绍REMCOM公司，背景，专业与产品
- 仿真的概念和效益
- XFDTD方法论
- 建模流程与所需资源
- XFDTD 用户界面介绍
- 建立几何模型与导入CAD文件
- 建立与运用各种材料
- 设置网格
- 激励，电路器件与波型
- 运用Sensor收集仿真输出

Outline

- 建立和控制仿真
- 检视输出与后处理
- SAR的计算设置
- 巨集与脚本
- 其他功能

介绍REMCOM

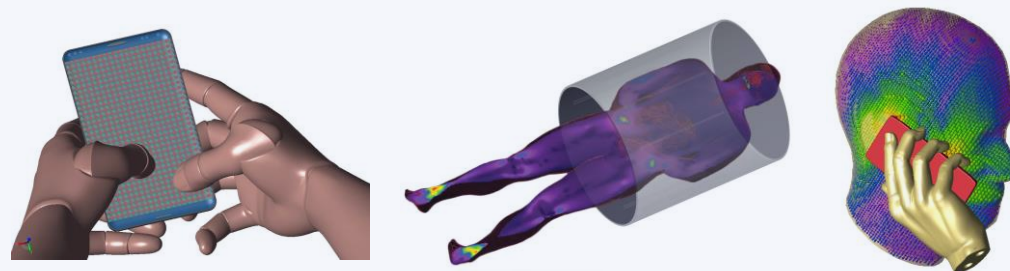
- 发展简历
 - 成立于1994年
 - 总部位于美国宾州State College
 - 约35-40名员工
 - 开发与销售各种高频电磁仿真软件并提供技术支持
 - 透过与诸多代理商的合作展开全球布局与发展业务
 - 客户包括学界，商业单位以及各种政府机关



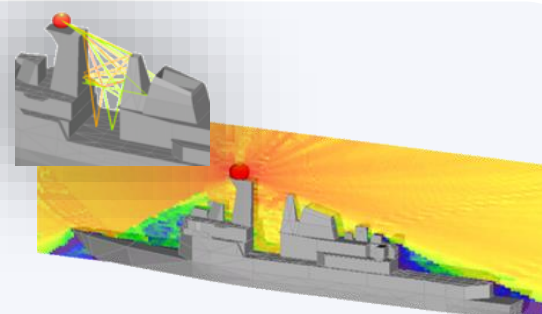
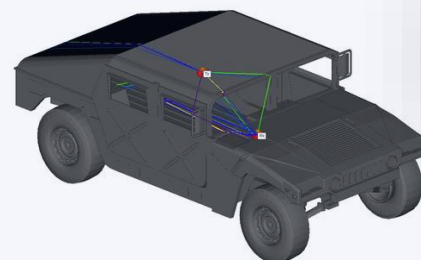
介绍REMCOM



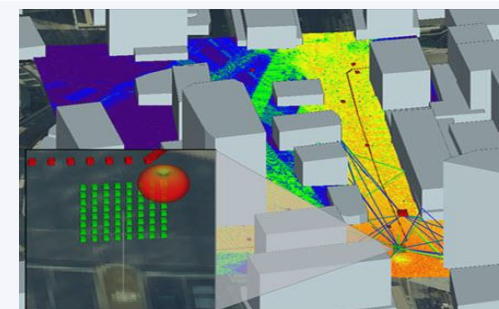
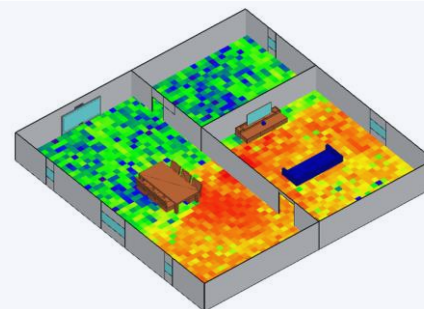
三维全波时域仿真软件，可用于
天线设计，电磁辐射，医疗设备
开发以及生物电磁应用



适合用于电大尺寸平台的天线辐
射和RCS的仿真



可用于进行毫米波以及各种不
同频率/波长的讯号在室内，市
区以及更大范围的地形的传播
路径预测以及信道分析



仿真的概念和效益

- 仿真可以节省时间，减少制作原型样品所需的时间和耗费的原料，降低研发工作的成本
- 仿真可以快速进行各种试误和修正工作的循环
- 用于仿真的模型可以重复使用，稍作修改或使用其中一部分就可建立新的模型用于其他项目
- GPU加速技术可以大幅降低仿真所需时间，增加其实用性
- 在许多产业仿真已经成为工业标准，重要性与日俱增

关于本篇

- 考虑到XFtdt的知识结构，这个第一章作为教材的基础章节目的在让用户认识这套软件，有方法论和软件运作方式的基本认识，对软件的特性和仿真有了解，能够操作。
- 对于比较急着想先开始用软件的用户，希望这个章节可以协助用户开始操作建模，能执行一些仿真了，至于建模的各环节细节将在后续章节较为详细介绍。
- 由于这个教材的目的是在协助用户了解XFtdt这套软件以及开始操作使用，所以在数学物理以及编程的部分不会着墨太多，有兴趣的用户可以自行在软件自带的reference manual以及建议参考的QtScript网站和文件找到相关信息。

XFdttd的方法论与运作方式

XFDTD方法论

- XFDTD 顾名思义，使用时域有限差分法 (Finite Difference Time Domain, FDTD)作为核心算法来解麦克斯韦尔方程式。
- XFDTD运作方式是参照用户导入或绘制的几何模型以及计算的频率范围剖分网格，用网格来描述零件，然后将激励源设置在网格上，实际的计算发生在网格上而不是Geometry上。
- FDTD算法也同时会将时间细分成时步(time step)，从物理现象的角度看，就是求解电磁场以时步为单位随着时间推进，在网格上发展过程中的电场，磁场等各种重要物理量的数值。
- 由于可以透过对网格和材料的设置作多种微观的调整，所以在模型的复杂度变高，随着频率提高，网格也需要剖分得更细的情况下，用户就会有更多的手段去调节，提高运行效率和精确度，也同时展现了FDTD算法的优势。

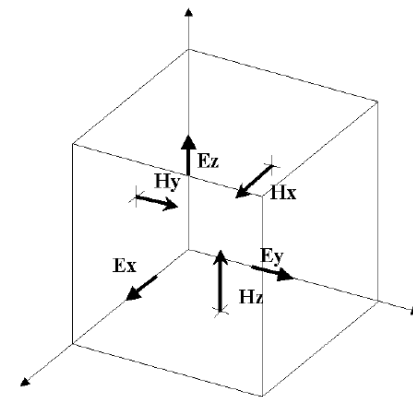
XFDTD方法论

- 部分参考资料:

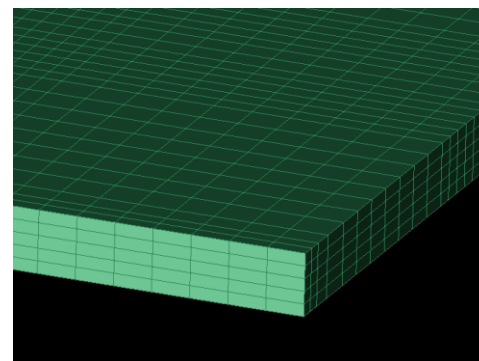
- The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, by Kunz and Luebbers
- Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method, Third Edition, by Taflove and Hagness
- IEEE publication C95.3 Recommended Practice for Measurements and Computations with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 100 kHz to 300 GHz

FDTD

- XFDTD 中最基本的网格是6个面12条边的立方体网格(cell), 这些网格可以不是正立方体, 将这些网格堆叠起来就可以构成近似用户绘制或导入的零件的形状。
- 数学方法上称之为Yee Cell, 把六面体的8个顶点作为节点(node)每一个节点为原点沿着XYZ正方向延申一格为其电场分量方向, 分量出发点为该节点, 以这个节点为原点的三个ISO平面的法线方向视为磁场分量方向, 分量出发点为平面中心。
- 构成一个立方体cell的12个线段(mesh edge)会进一步的附加上材料属性, 个别线段可以是不同材料, 代表不同材料制作的不同零件。
- 在Geometry每一个零件是分开的, 不过网格是把整个模型视为一体来建立, 不会分开。



- 一个基本的 Yee Cell 以及在其上的磁场 (H) 和电场 (E) 分量



- XFDTD 剖分的三维网格。

FDTD

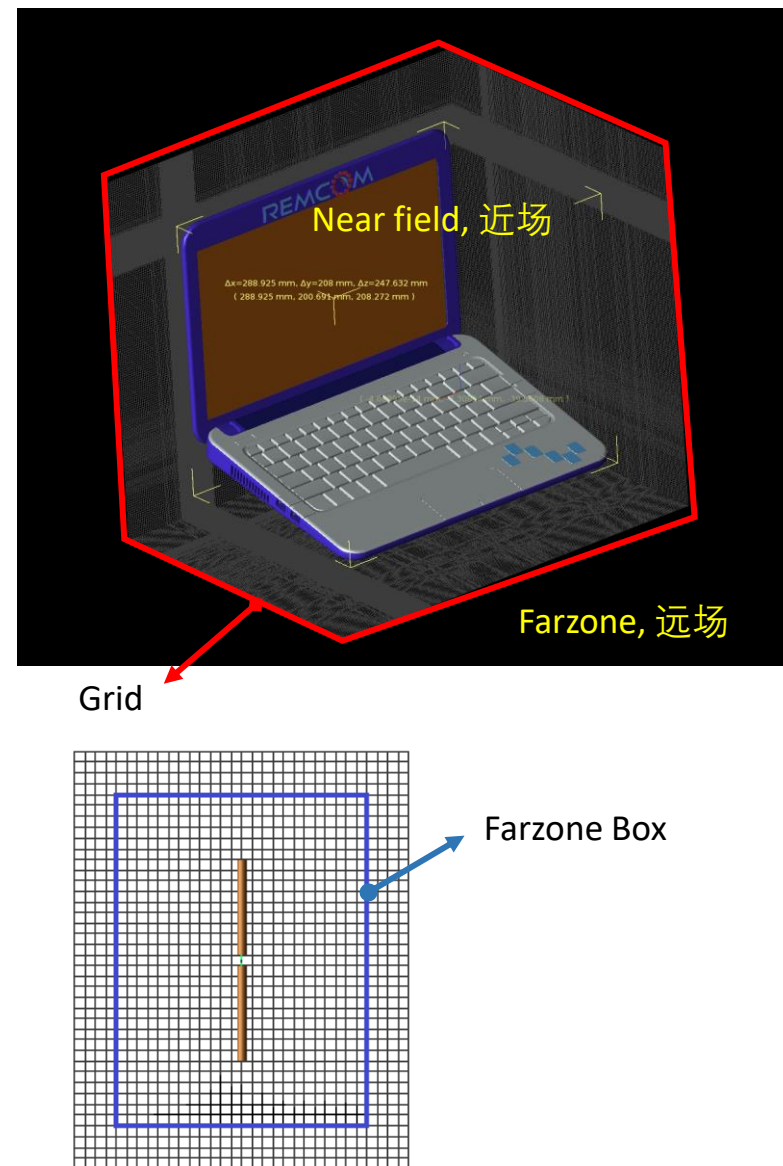
- 第7版的 XFDTD会依照仿真的频率范围自动设置时步(time step)大小, 也会依照最高频率设置网格尺寸。
- 数学上仿真运作的方式是从激励源发出有用户设置的波形特征的电磁场, 随着时间变化沿着网格前进, 所以网格分辨率必须足够高才能够精确的描述物理量的变化, 避免发生奇异点等现象。
- 网格(cell)的长宽高可以不同, 但是最大的一个不能超过十分之一波长, XFDTD的默认值是15分之一。
- 由于网格是仿真实际发生和进行的地方, 所以网格是否足够精确会直接影响仿真结果。
- 当电磁场随时间沿着网格发展最终离开系统, 最后系统内场值降低到接近于零, 即可视为收敛, 达到稳态, 计算完成, 这就是XFDTD的计算引擎运作的方式。
- 参考资料: K. Yee, "Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell' s equations in isotropic media," IEEE Transactions on Antennas and Propagation 14, pp. 302–307, 1966.

Material

- XFDTD 可以运用许多不同特性的材料进行仿真，建模的时候材料是作为零件的一个属性，配置给零件，落实到计算上的时候就是网格的属性，主要影响到电磁场的传播和能量损耗等现象的实现。
- 从理论上的完美导体(PEC)，介电系数随频率改变的色散材料，生物材料等多种材料XFDTD都可以运用，用户可以自定义各种复杂的材料，XFDTD也自带材料数据库，用户可以自由调用。
- 材料的电，磁以及力学特性可以分开设置。
- 在一个模型中，视觉上不同的材料可以用颜色来区分，也可以在网格上用于区别零件。
- 必须要所有的零件都有设置材料XFDTD才能剖分网格进行仿真。

近场与远场

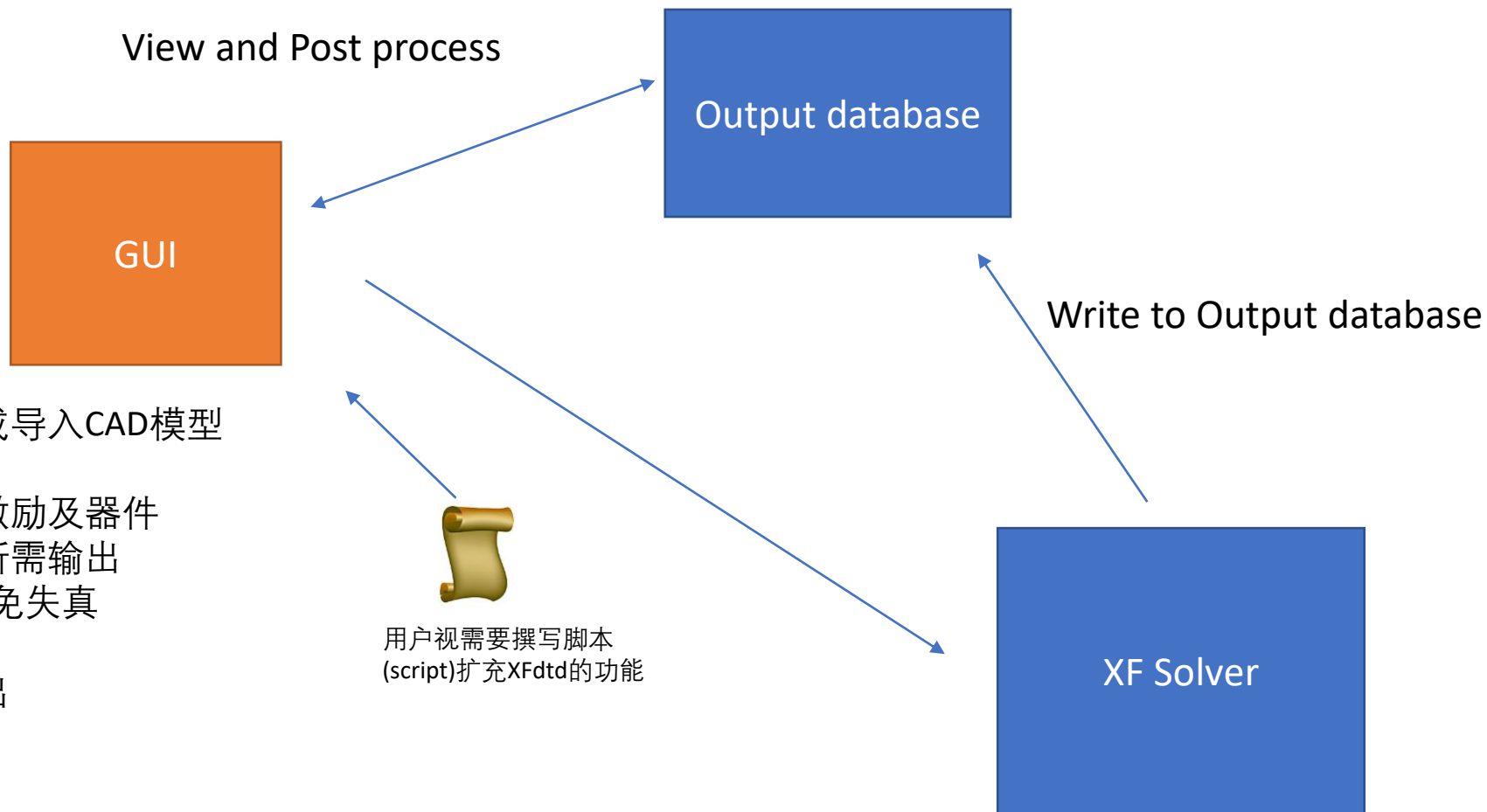
- XFDTD 会在包含所有模型零件的一定空间范围之内进行网格剖分，FDTD 的物理计算在有网格的范围内进行。
- 在XFDTD以一个个六面体的Yee Cell为基础构筑整个被网格剖分的空间，这个空间范围也是一个箱型的六面体，在XFDTD中这个箱型六面体称之为Grid，箱型六面体的六个面就是边界(Boundary)。
- 箱型的Grid内部XFDTD定义为近场(Near Field)，Grid之外定义为远场(Farzone)，Grid内部距离边界4个网格的位置会建立一个用来转换远场输出的Farzone Box。
- XFDTD在Grid内用FDTD算法完成计算之后，会进一步计算Farzone box壁面上的电流密度等参数然后基于这些数据转换远场输出。



XFtdt 的架构

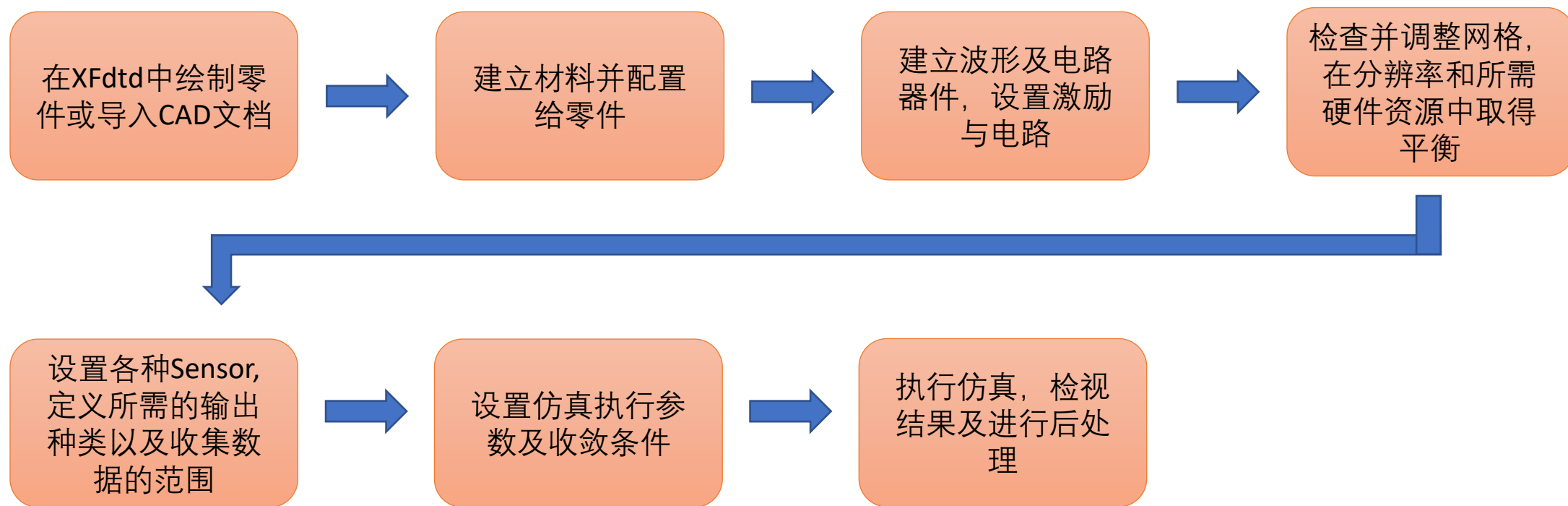
- 套装软件都有其特定的架构来决定运作的方式，这个运作流程通常在用户不易察觉的背景里进行。
- 对软件的架构和背景运作流程了解有助于用户从“为什么”的层次学习软件的操作。
- XFtdt 可以大略分为三个模块，用户界面(GUI)，计算引擎(Solver)，输出数据(Output),这三个模块互动和数据交换构成了软件的工作流程。
- 具体地说用户对GUI输入参数，GUI随之产生驱动文档，Solver载入驱动文档进行仿真产生输出，用户再透过GUI检视输出，分析数据。

XFtdt 的运作方式



1. 用户自行绘制零件或导入CAD模型
2. 定义及设置材料
3. 定义及设置波形，激励及器件
4. 定义观察点，设置所需输出
5. 检查/调整网格，避免失真
6. 设置仿真操作参数
7. 执行仿真，检视输出

XFDTD的操作流程



建立一个XFtdt的模型

- 建模可以理解成设计工作，通常不会是一蹴可及的，从了解软件运作方式开始，抓住模型的要素，把对应的信息和数据填进去，就可以把模型搭起来。
- 能运作的模型搭起来后，接着对模型做优化，提升精确度，改善效能就可以逐步完成兼具精确度和效能的模型。
- 建立XFtdt的模型会包含几个要素
 1. 几何模型/零件图形
 2. 各种电器元件，port和匹配等等
 3. 材料模型和材料参数
 4. 网格
 5. 收集各种数据的Sensor
- 使用者的准备和事前规划
 1. 需要准备好零件清单，要清楚知道模型里有哪些零件，甚么性质和功能
 2. 要有一个材料清单以及所需的材料参数
 3. 厘清需要取得的数据有哪些

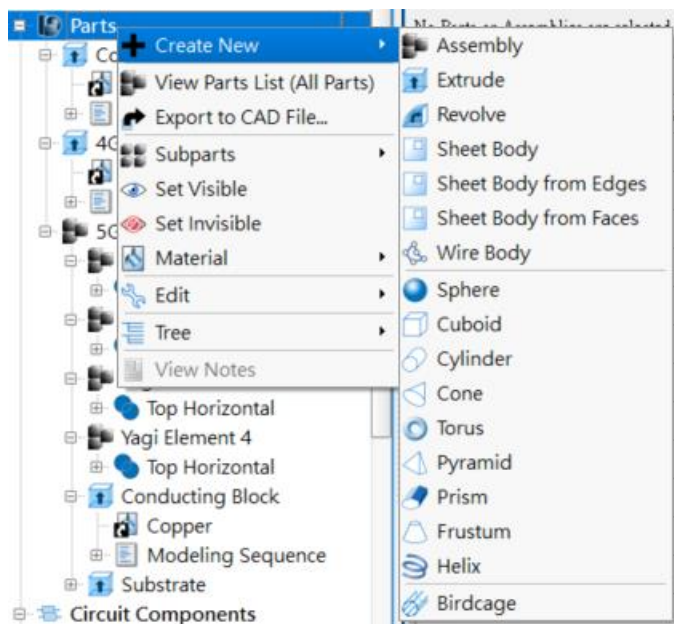
XFtdt Overview

- XFtdt兼容Windows或Linux作业系统，两者均提供可操作建模的GUI
- XFtdt的三维工作环境正常显示需要OpenGL相容的显示芯片，所以建议用户选用有独立显卡的计算机，并将驱动更新到最新版本
- XFtdt的支持运用CUDA兼容GPU进行加速计算，因此建议客户挑选Nvidia CUDA相容的显卡或GPU，少数型号可能有兼容性问题，刚上市太新的卡则不一定支持，建议和代理或REMCOM咨询
- XFtdt的效能较倚重显存带宽和主频，显卡在这方面的性能指标可以参考，但影响效能的原因很多，硬件规格不是绝对的
- 主板内存自然越多越好，固态硬盘对于效能也有帮助

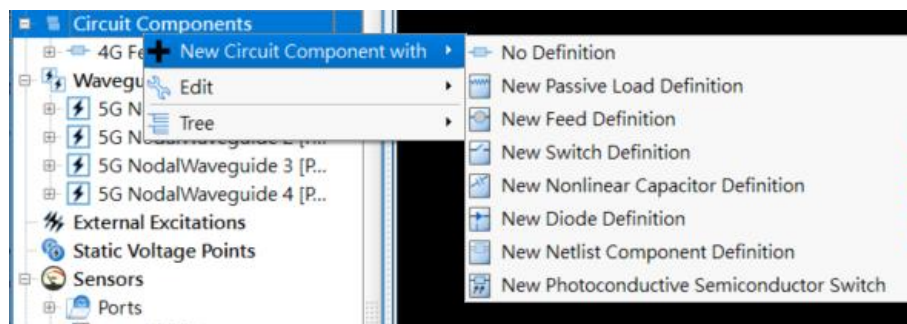
XFdtd的操作与界面

XFtdt的操作

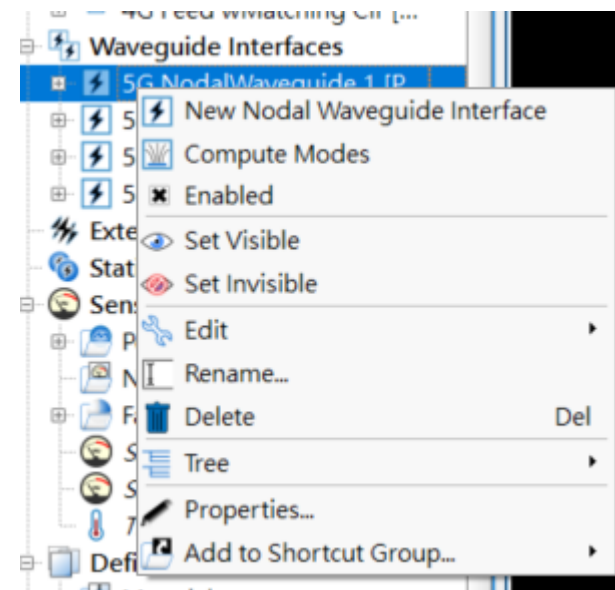
- XFtdt操作上十分直观，大多功能从右键菜单来操作，用户选择要编辑的零件或是器件等，接着从右键菜单选择需要的操作。
- 右键菜单 -> 选择操作 -> 编辑项目 这三步是XFtdt最常见的操作流程，在这个过程中完成建模。
- 不同的操作对象弹出的右键菜单可能不同。



- 建立/编辑零件的右键菜单

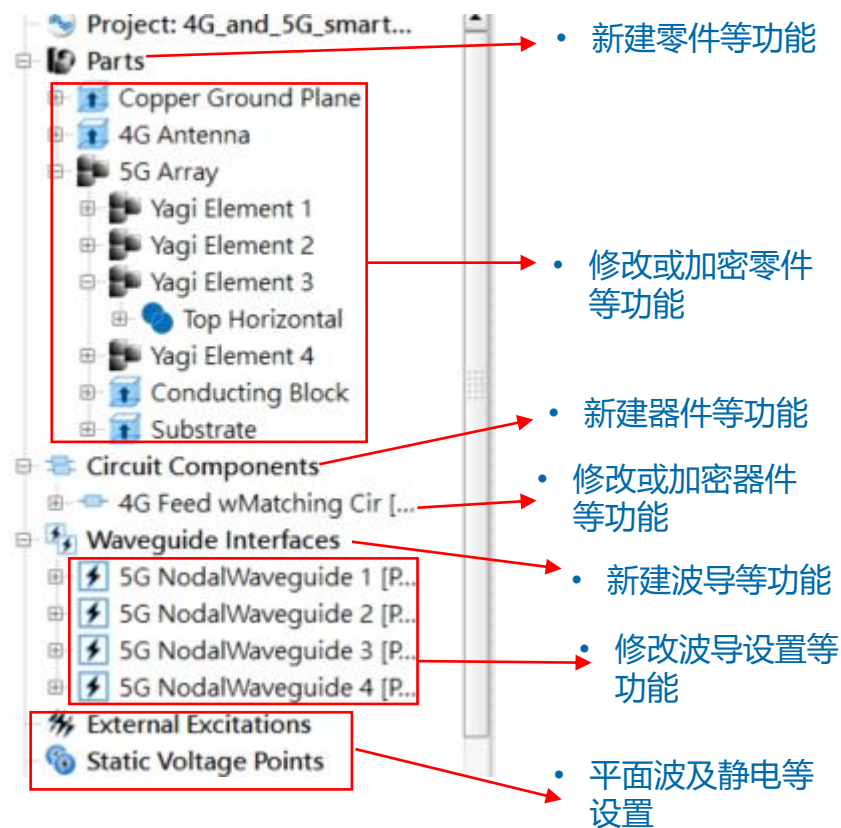


- 建立/编辑电路器件的右键菜单

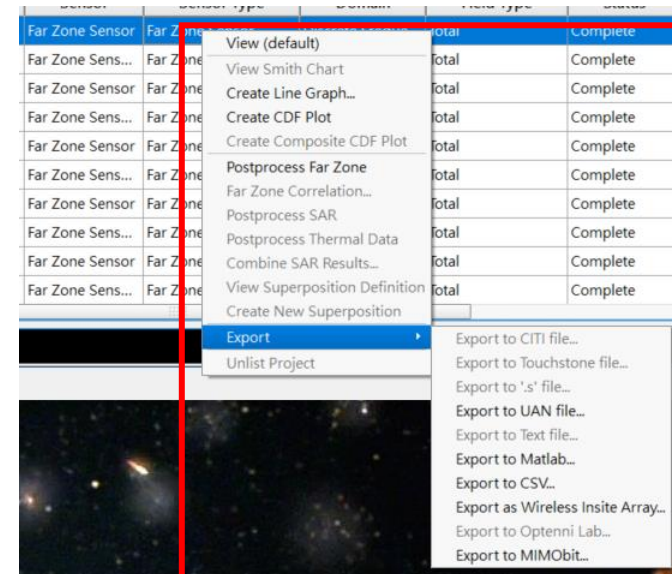
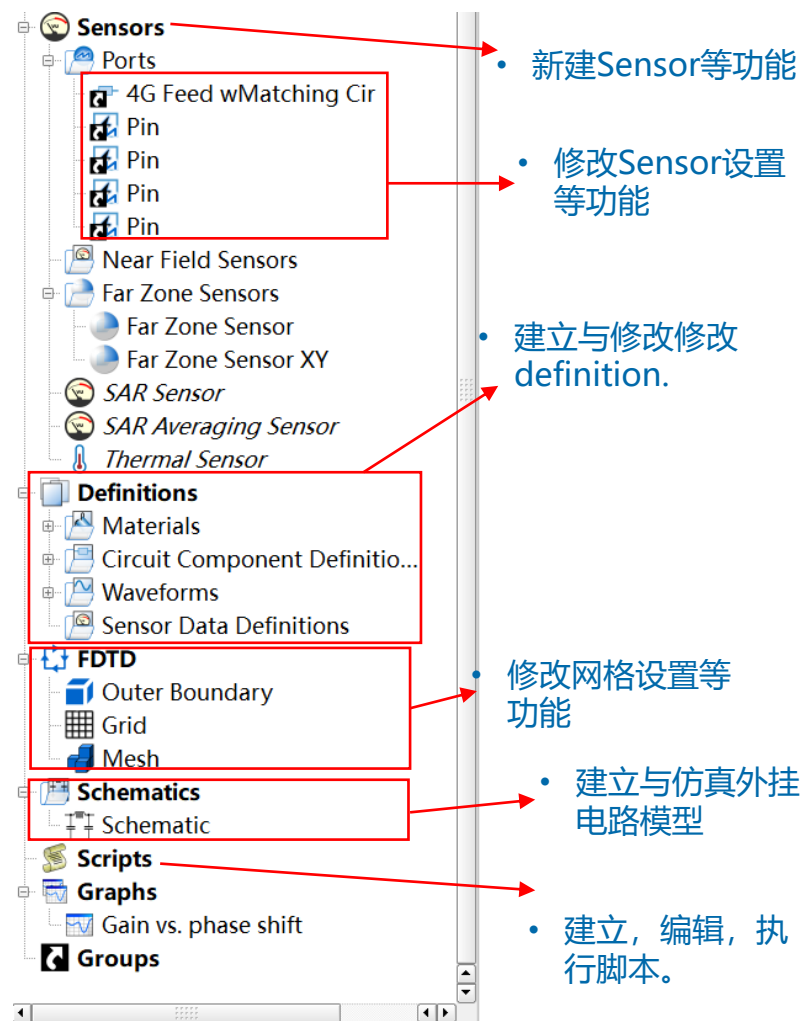


- 建立/编辑波导的右键菜单

XFDTD的操作



- 在界面上不同的位置打开右键菜单，菜单内容会依照选择项目改变。



- 在感兴趣的输出项目上用右键菜单选择绘图或是导出数据。

XFtdt的操作

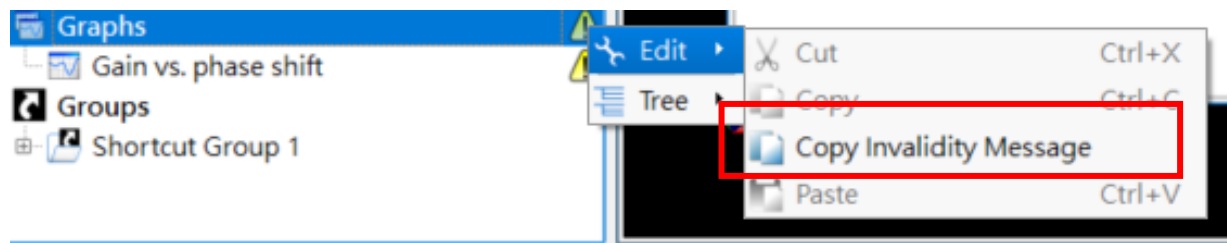
- XFtdt在设计上有“指哪打哪”的操作逻辑，用户选择要界面中建立或编辑的要素，然后透过右键菜单选择操作，接着填入参数或作各种设置编辑，大多数的操作都类似这样。
- 用户可以用同样的操作方式新建/编辑零件，电路器件，波形，材料等等，建模工作上没有绝对的顺序，几乎都可以任意选择要编辑的对象。
- 用户可以在这个操作逻辑下依照零件->材料->波形->器件->激励->网格->sensor的建议顺序建模或是检查模型，如果目标明确，也可以直接修改特定对象。
- 信息填写错误或是缺了需要的信息或是有各种问题导致仿真不能执行需要修正模型时，XFtdt会显示错误或警告，，用户把鼠标停留在标志上就可以看到提示，依照提示修正模型。



- XFtdt中的正确/OK标志。

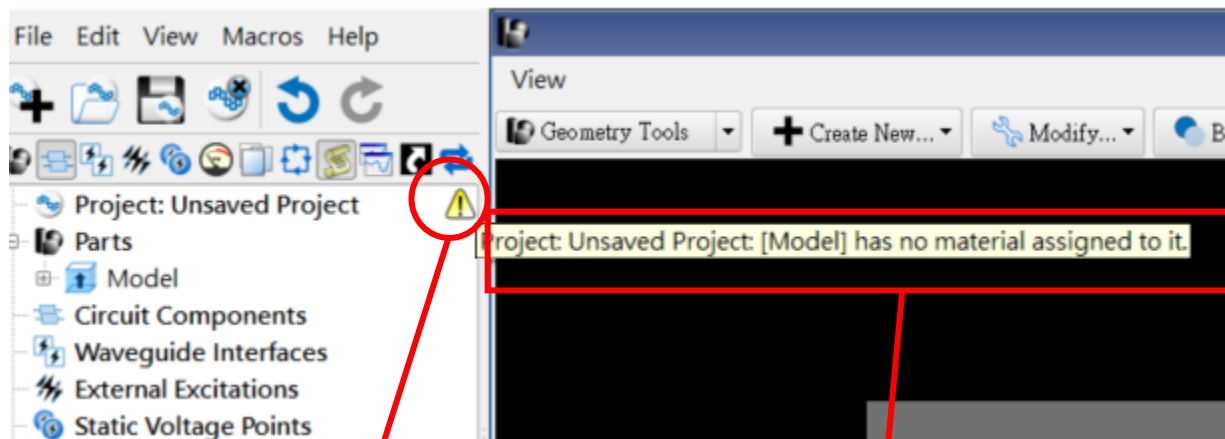


- XFtdt中的警告标志，表示有错误需修正，不然无法进行仿真。

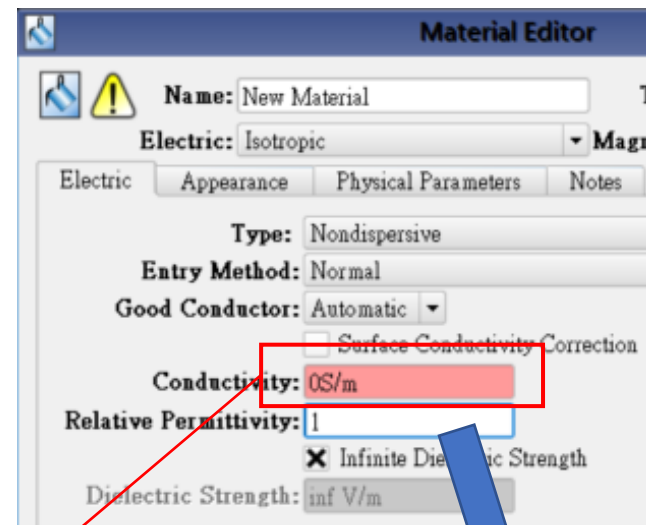


- 可以透过右键菜单将报错信息复制出去细看

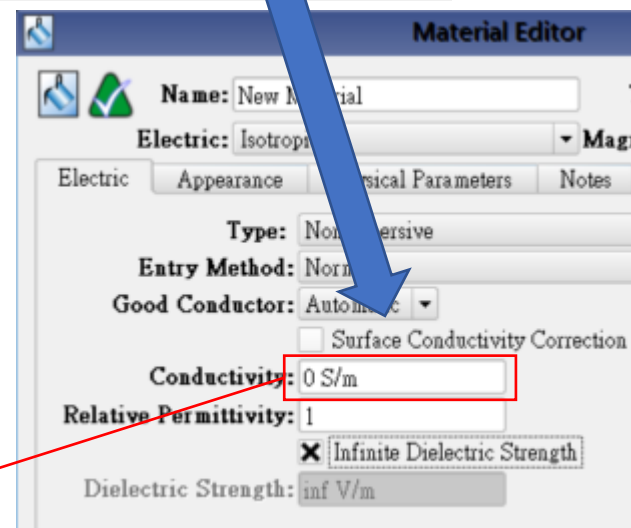
XFtdt的操作



- 黄色三角形惊叹号的警告标志表示模型中有错误，不修正不能进行仿真
- 鼠标停留在三角形警告标志上一段时间，详细的报错信息会弹出，用户可以依照说明来修正。



- 数值和单位间需要空一格，不能连在一起。

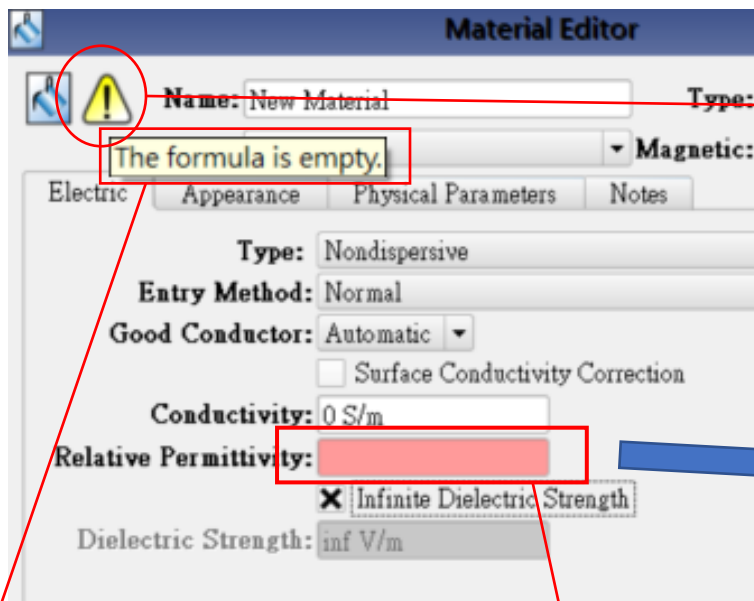


- 修正过后，建模可以继续。

XFtdt的操作

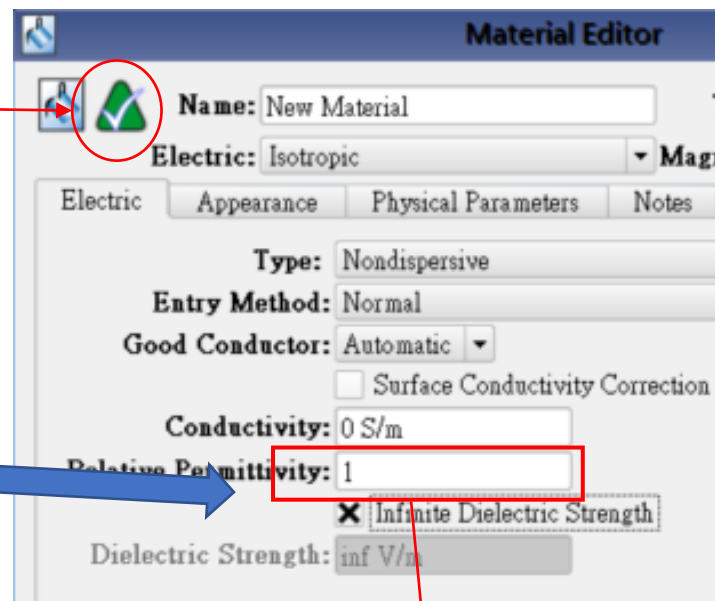
- 以材料为例，说明报错信息显示以及修正过后的改变。
- 其他要素的建模过程有类似的报错提示。

- 用户修正后，黄色警告标识变成绿色三角形打勾的正确标志。



- 报错信息显示有未填写的栏位，本案例为相对介电系数。

- 应填未填或填写错误的栏位会填满红色，提醒用户需要修正。



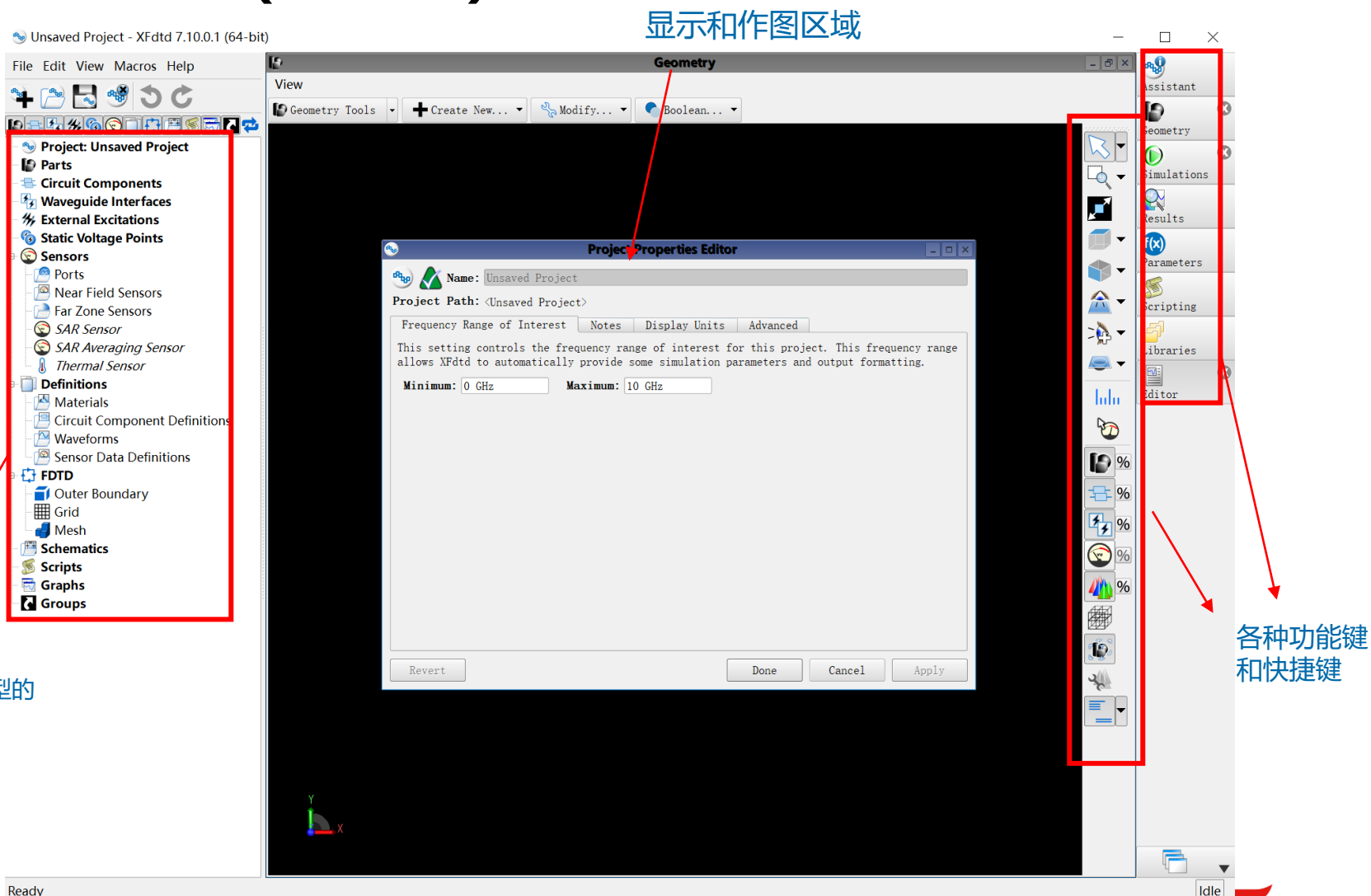
- 用户修正后，栏位显示恢复正常。

XFDTD 用户界面 (7.10)

- XFDTD的默认起始画面主要分为四个区域。
- 在最左边的树状图把模型中的要素分成几个节点来展示。
- 中间的是作图和显示区域，用户主要在这里做各种操作。
- 最右边的是一些功能和建模流程相关的快捷键。

Project Tree

树状图的形式显示和分类模型的各种构成元素



XFtdt 用户界面指南

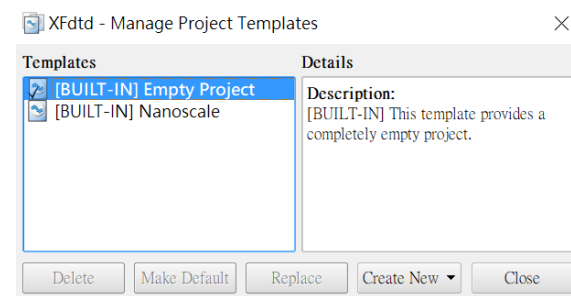
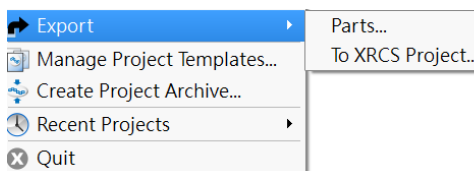
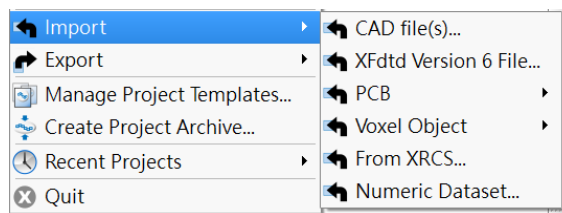
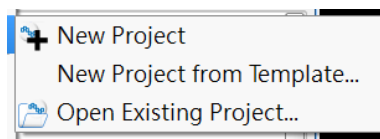
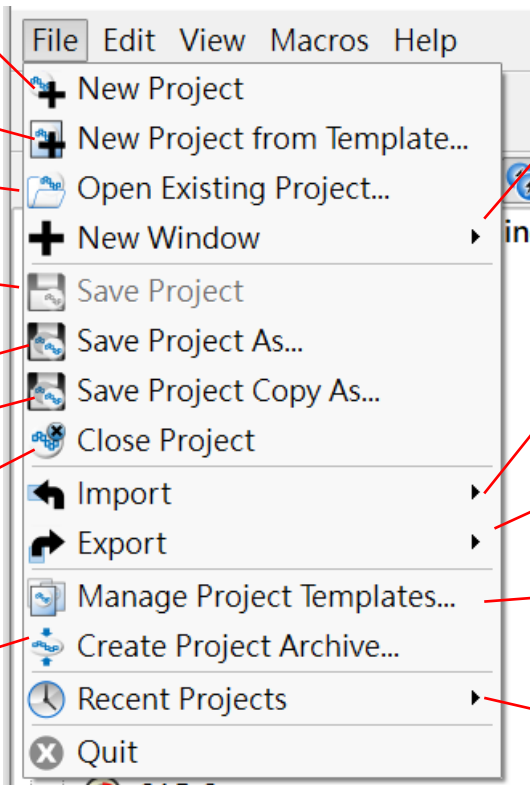
8x8 Patch Beamforming - XFtdt 7.9.2.3 (64-bit)

File Edit View Macros Help • 常用基本功能菜单

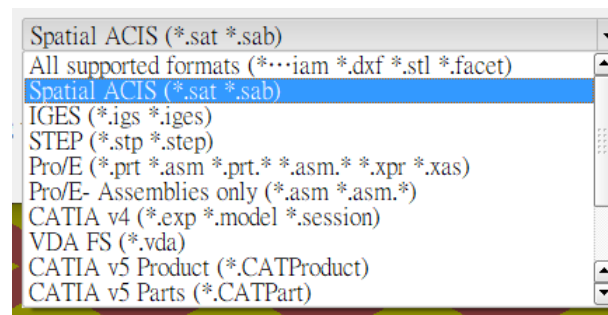
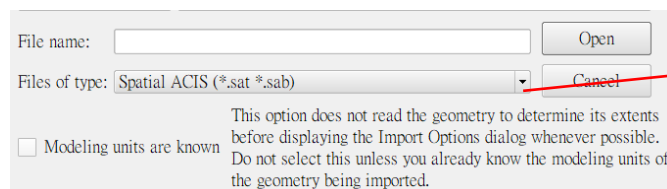
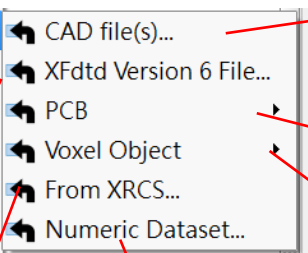
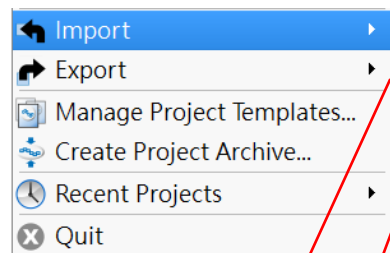
- File 菜单，项目存盘导入及导出等选项。
- Edit 菜单，复制，编辑以及项目。
- View 菜单，显示与隐藏个别重要功能窗口。
- Macro 菜单，显示用户载入的宏指令(macro)。
- Help 菜单，各种相关协助选项。

XFtdt 用户界面指南

- 建立一个新工程。
- 基于用户自定义模板建立一个新工程。
- 开启现存的工程。
- 存盘目前开启的工程工程没有编辑或变动的话, 这个选项会暂时关闭。
- 将工程另外命名存盘。
- 将工程另外存盘一个不包含输出的备份。
- 关闭工程清空窗口。
- 建立工程的备份压缩文档。
- 开启最近编辑过的工程。
- 开启独立的XFtdt新窗口, 同时基于默认或特定模板建立新工程, 也可以打开现存的工程。
- 导入CAD文档或是PCB设计文档等外部文件, 下一页详细说明。
- 将零件导出为CAD文档。
- 设置和管理工程模板。

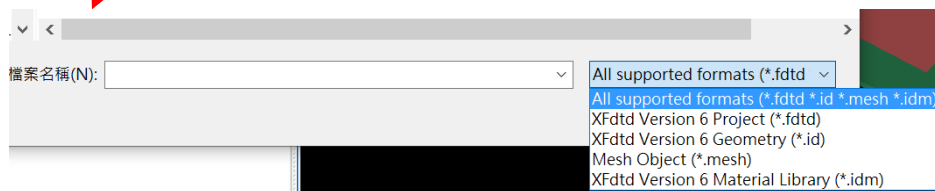


XFtdt 用户界面指南

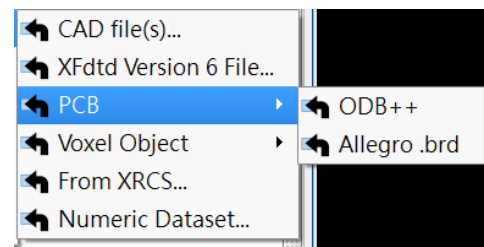


- 导入snp格式数据文档，绘制S参数曲线图

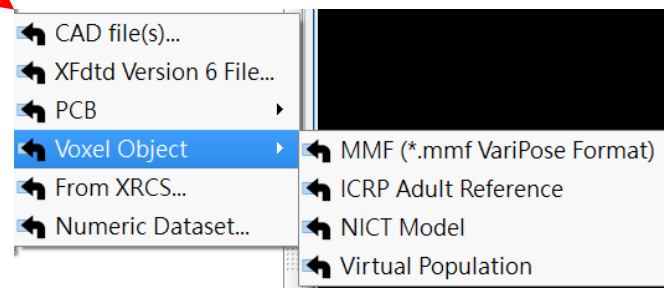
- 导入WaveFarer的XRCS格式数据文档，目前(2021年9月)暂时还不开放



- 导入用户的 XFtdt 6版项目文档并转换为 XFtdt 7版项目文档。

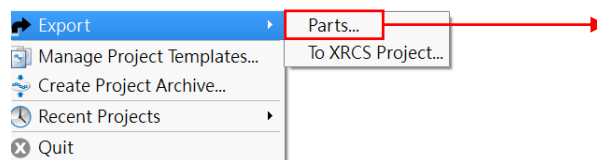
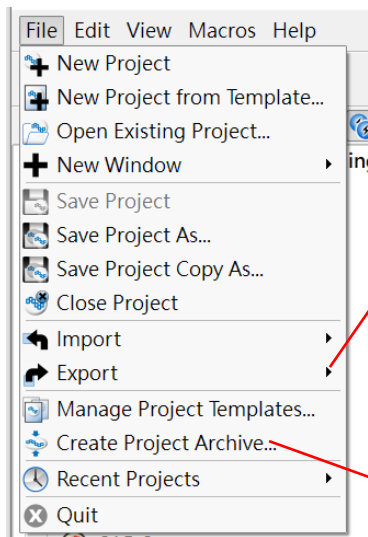


- 导入ODB++或是Allegro的brd格式PCB设计文档

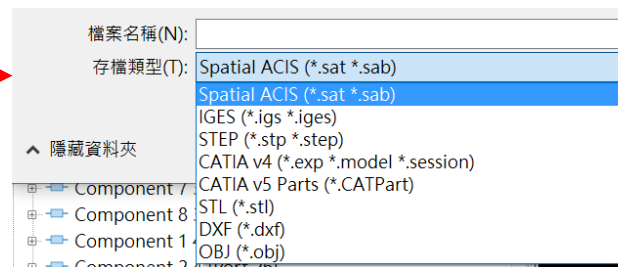


- 导入三维像素(Voxel)数据文档，常用于导入Varipose格式人体生物模型文档

XFdtd 用户界面指南

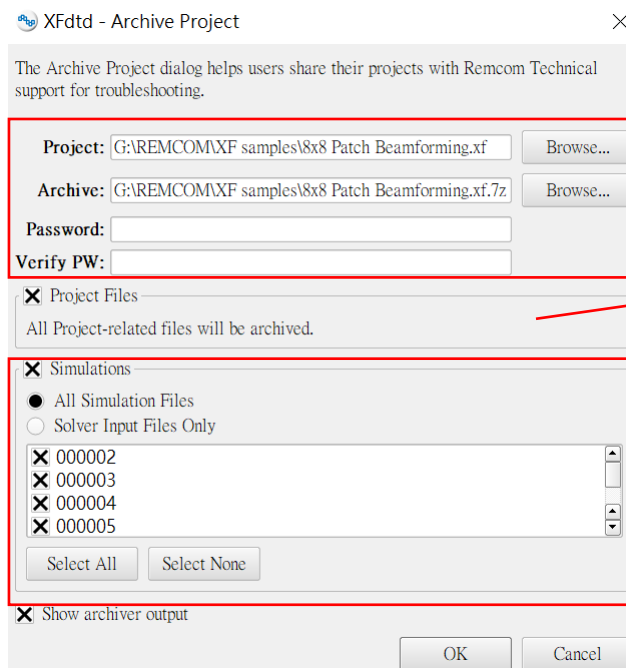


- 将XFdtd工程中的零件或输出导出。



- 从菜单选择导出零件，接着选择CAD文档格式，不同格式会有不同设置。
- 详情可见于教材后续章节

- 将XFdtd工程文件制作成压缩文档备份。输出格式为.7z。
- 通常是可以直接从外部压缩整个文件夹，不过仿真次数变多的话，输出文档也会很多，占用空间会很大，用户可以从这边来调整压缩文档的内容。



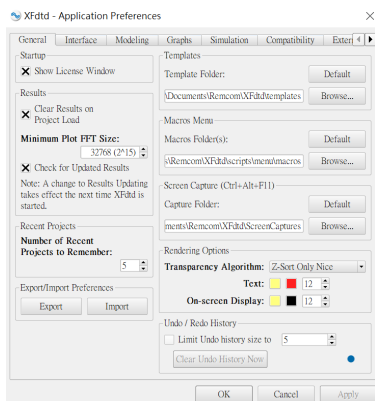
- 设置压缩文档的名称及密码。

- 选择是否包含所有项目文件。

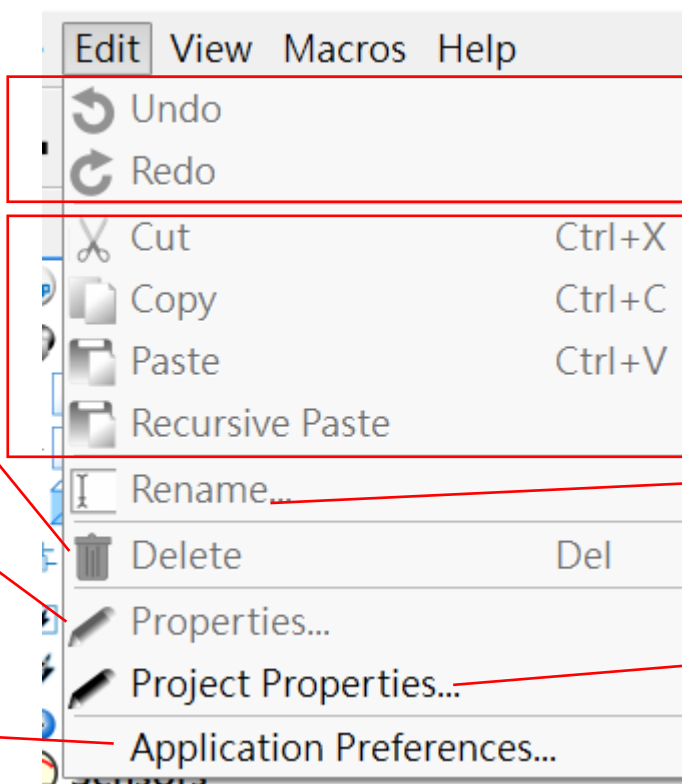
- 选择是否包含所有输出数据文件，或选择要包含那些输出文件。

XFtdt 用户界面指南

- 删除用户选择的零件，器件，波形，材料等，也可以从右键菜单操作，或直接按Delete 键。
- 设置用户选择的零件，器件，波形，材料等参数，也可以从右键菜单操作，或双击鼠标左键。



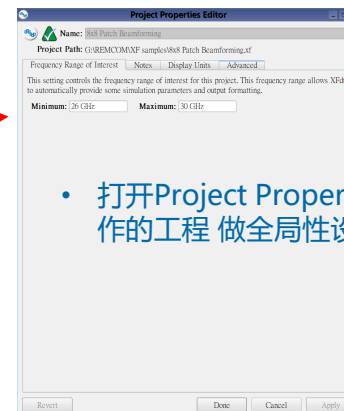
- 打开Application Preferences 窗口，对XFtdt 作全局性设置。



- 用户操作的undo/redo功能，会和用户界面上的undo/redo 按键同步。

- 剪下，复制，贴上等操作选项，也可以直接点选零件或器件，从右键菜单操作。

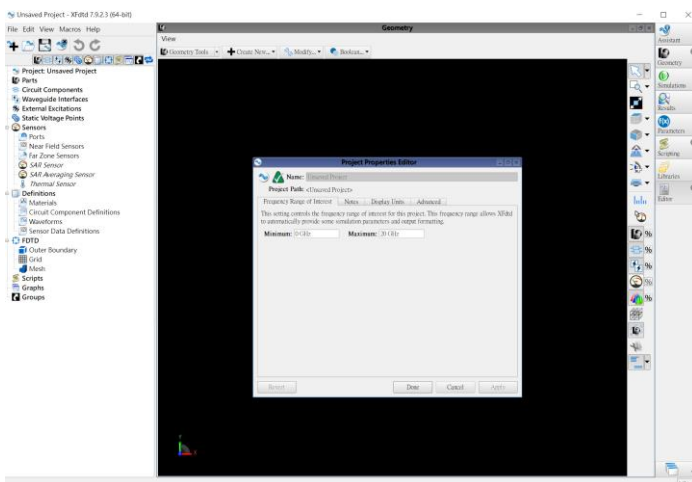
- 将用户选择的零件，器件，波形，材料等改名，也可以从右键菜单操作，或直接按F2 。



- 打开Project Properties 窗口，对用户目前操作的工程 做全局性设置。

工程参数设置

- 从Edit菜单的Project properties选项打开的Project Properties Editor窗口可以对用户目前操作的工程进行全局性设置。
- Project Properties Editor 窗口也是用户进入XFtd后第一个设置窗口，用户建立新工程会需要设置适用的频率范围



- 进入XFtd后默认起始画面会先打开一个project properties Editor 窗口，用户可以从频率范围开始设置。

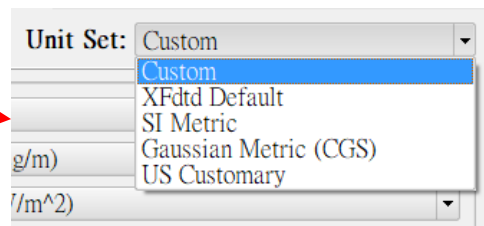
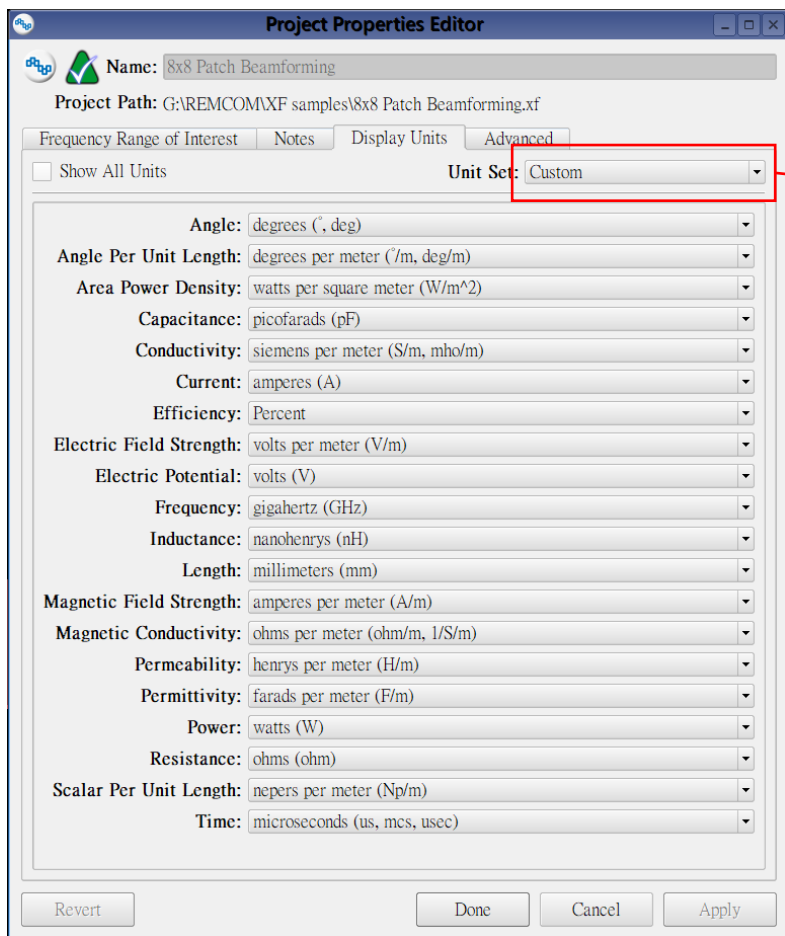


- Project properties Editor 窗口，用户可以从频率范围开始设置。
- Minimum 和 Maximum 两个频点设置仿真的频率范围，建议用户把这两个频点设置在能够包含天线工作频率范围，并维持一定距离的频点。
- Minimum 和 Maximum 也可以相同，那XFtd就会进行单频点仿真。



- Notes 页面，用户可以在此写下相关注解，说明。

项目控制参数设置

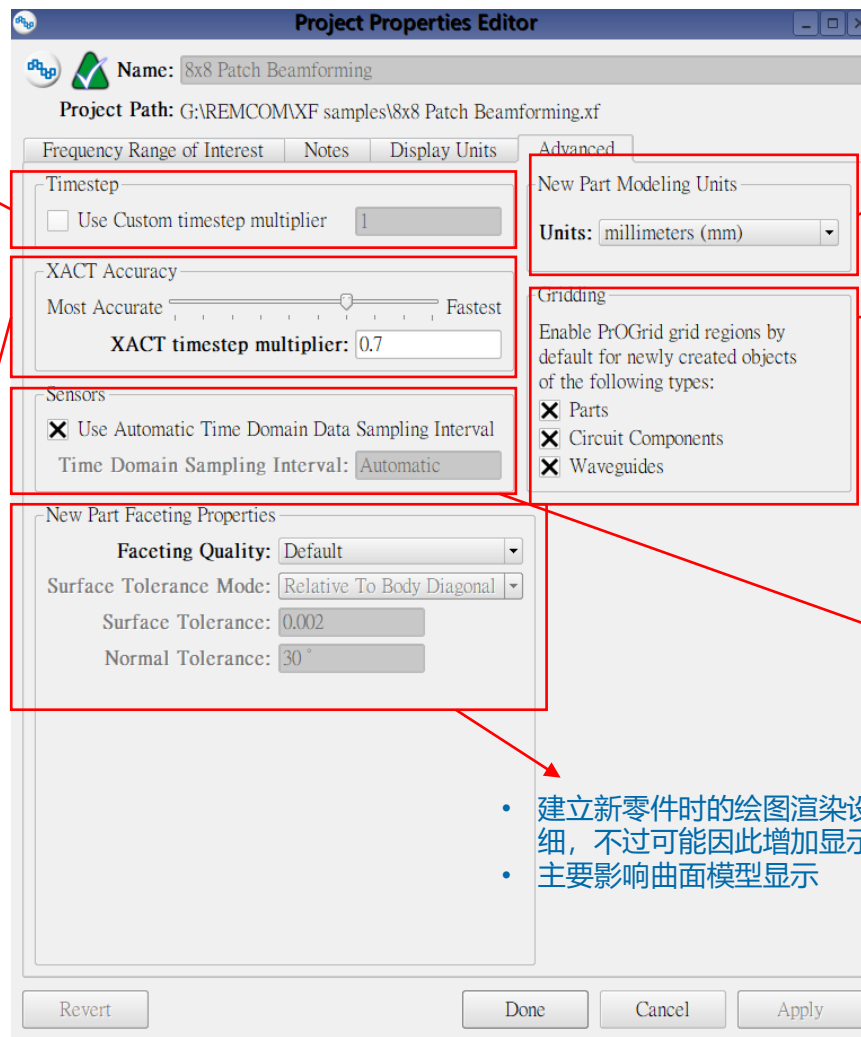


- 预设的几种单位设置组合菜单。

- Display Units 页面，用户可以在这边设置各种物理量的显示单位。
- 用户可以依照习惯或项目的特性调整显示单位
- 也可以从Unit Set 菜单选择各种单位设置组合，从XFDTD依照工程师习惯的设置，或是公制等设置好的组合选用适合的显示单位。

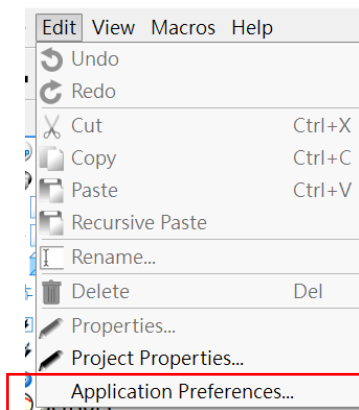
项目控制参数设置

- FDTD算法是时域的方法，物理量在网格上随着时间变化，timestep(时步)为XFDTD中时间推进的单位，也可以视为观测物理量变化的时间间隔。
- XFDTD会根据频率及材料参数等条件推算出一个合适的时步(time step)，同时将其视为一个锁定的参数(parameter)，用户不能直接更改。
- Custom timestep multiplier 是一个介于0.01到1之间的参数，用户可以借由这个参数把时步缩小，尝试是否可以改善仿真结果精度，输入0.5就代表把时步缩小一半。
- XACT mesh是XFDTD的保形网格功能，可以把网格细分，建立非直线的网格模型，也因此网格实际上变得更细，对应的时步实际上也会更小，用户可以进一步缩小XACT mesh网格对应的时步来改善仿真精度，默认值为0.7。



- 设置建立新零件时默认的尺寸单位。
- 建立新的零件，电路器件以及波导时是否使用ProGrid智慧型网格剖分功能来剖分对应的网格。
- 用户可以勾选决定是否要使用Sensor默认设置的时步间隔截取时域仿真输出数据。
- 建立新零件时的绘图渲染设置，用户可以让外观更精细，不过可能因此增加显示芯片的负载影响效能。
- 主要影响曲面模型显示

软件全局偏好设置

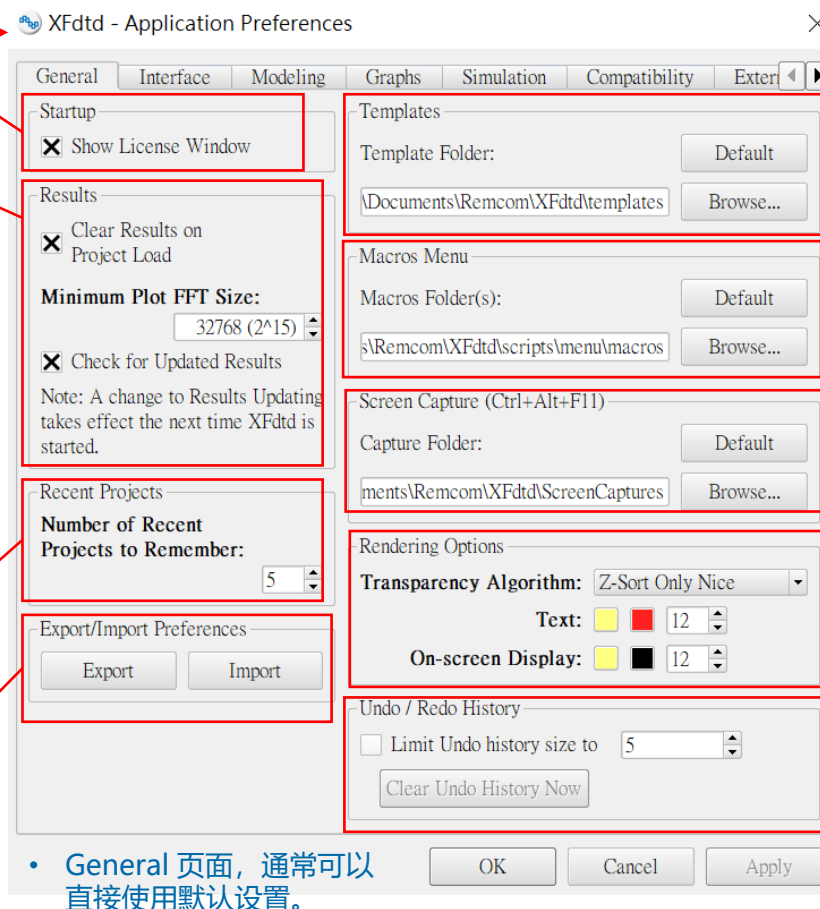


- Edit -> Application Preferences 菜单，对软件进行全局设置。
- 这些设置会影响软件整体的运作或用户界面的外观和操作。

- 每一次执行软件时，是否弹出license设置窗口。
- 设置开启项目时是否要同时载入之前的仿真结果。
- 如果选择不载入的话，数据不会被删除，用户可以手动载入。
- Minimum Plot FFT size 是用来调整将时域仿真输出作转换并绘制频域的曲线的FFT大小

- File->Recent Projects 中记忆的最近开启形目数量。

- 读取规范导入或导出文档相关偏好设置的ini文档。



- General 页面，通常可以直接使用默认设置。

- 指定用户自定的XFtdt界面样板路径。

- 指定宏指令(macro)等各种，脚本文档的路径。
- XFtdt可以透过建立脚本做新功能扩充或自动化。

- 指定屏幕截图图档存放路径。

- 设置零件等透明度以及文字的显示方式。
- 这边的设置不影响仿真结果或仿真计算

- 设置记录用户操作流程，允许用户 Undo 的次数。

- 5 代表可以回推到前5次，用户可以自行设置这个数目。

软件全局偏好设置

The image shows the 'XFtdtd - Application Preferences' dialog box with several sections highlighted by red boxes and arrows pointing to explanatory text in Chinese.

- Object Editing:** A red box highlights the 'New Item Action' dropdown menu, which is set to 'Edit Name'. An arrow points to a separate dropdown menu showing the options: 'None', 'Edit Name', and 'Edit Properties'.
 - 当建立新的物件(零件, 器件, 材料等)时, project tree的反应。
 - None, 无反应, 直接加入
 - Edit Name, 物件名称变成闪烁, 用户可以改名
 - Edit Properties, 弹出相关参数设置窗口
- Workspace:** A red box highlights the 'Workspace' section, which includes radio buttons for 'Show All Tabs', 'Show Only Active Tabs', and 'Don't Show Tabs'.
 - 全部显示, 部分显示。或隐藏屏幕右方的功能按键。
- Appearance:** A red box highlights the 'Appearance' section, which includes dropdowns for 'Application Style' (set to 'Plastique') and 'Button Layout' (set to 'Default').
 - 设置按键的显示外观。
- Layout:** A red box highlights the 'Layout' section, which includes a checkbox for 'Clear Saved Layout on Restart (once)' and a 'Clear Saved Layout Now' button.
- Information:** A red box highlights the 'Information' section, which includes checkboxes for 'Show Full Precision of Value for Expressions' Tooltips' and 'Show Process Id in Window Titles'.
- Gridding:** A red box highlights the 'Gridding' section, which includes a checkbox for 'Use Simplified Grid Specification When Possible' (checked).
- General:** A red box highlights the 'General' tab, which includes a checkbox for 'Show Full Precision of Value for Expressions' Tooltips' and a checkbox for 'Show Process Id in Window Titles'.
- Buttons:** At the bottom right, there are 'OK', 'Cancel', and 'Apply' buttons.

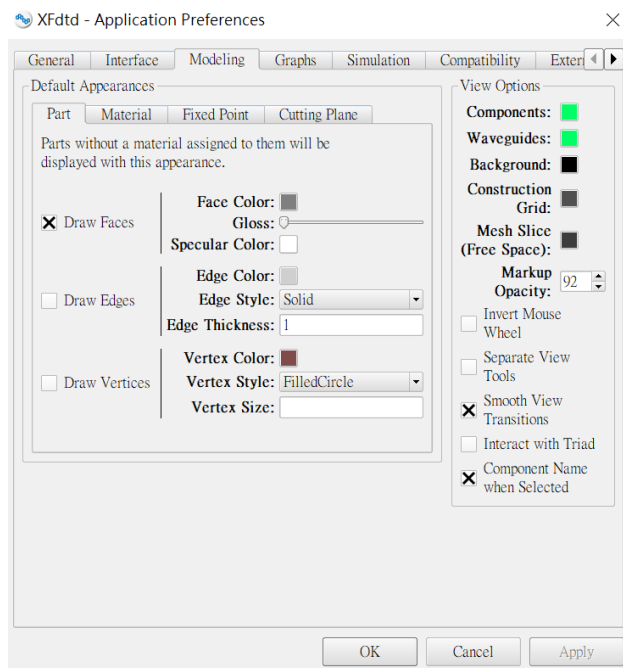
• 用户对界面布局的各种设置更动会被自动储存下来, 下一次进入软件时界面会依照用户的改动来显示

• 用户可以在这边选择清楚这个记录, 让界面回归初始值。

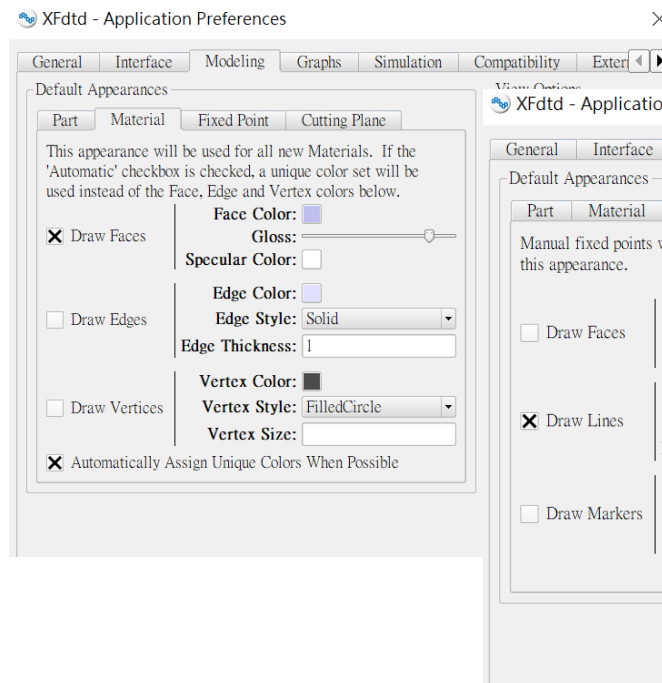
• 用户界面上显示的信息或浮点数设置。

• 用户界面的外观相关设置。

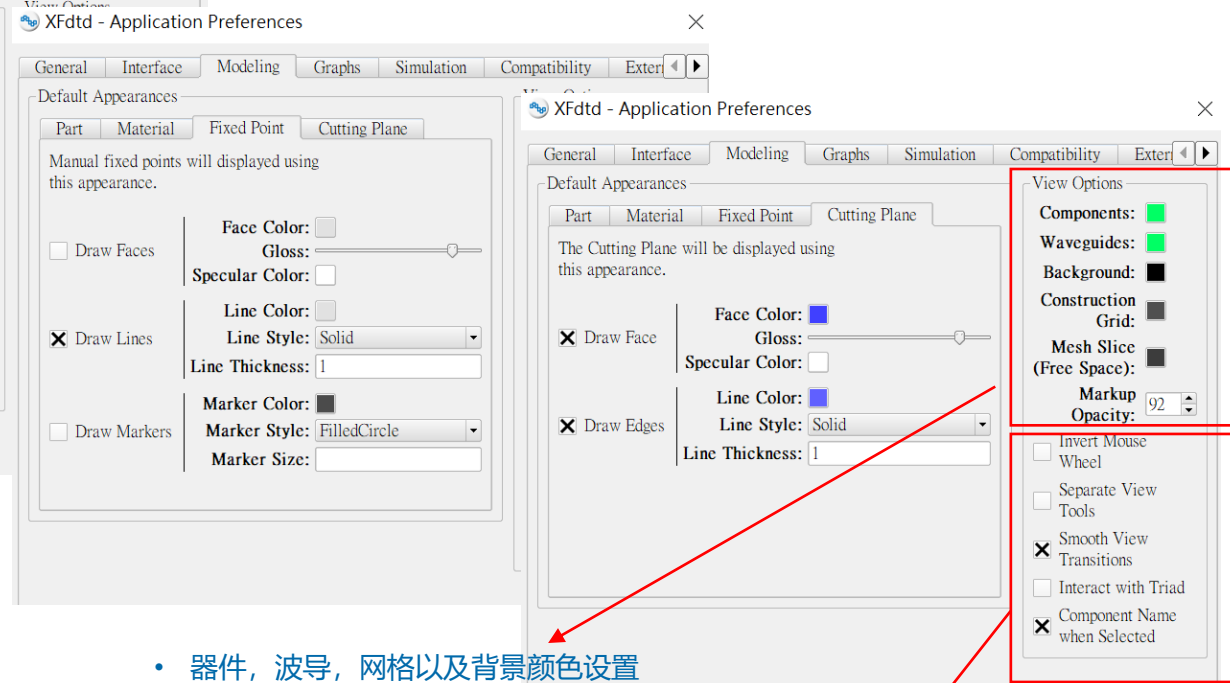
软件全局偏好设置



- 零件，材料，切面等颜色，光泽，线条相关设置。



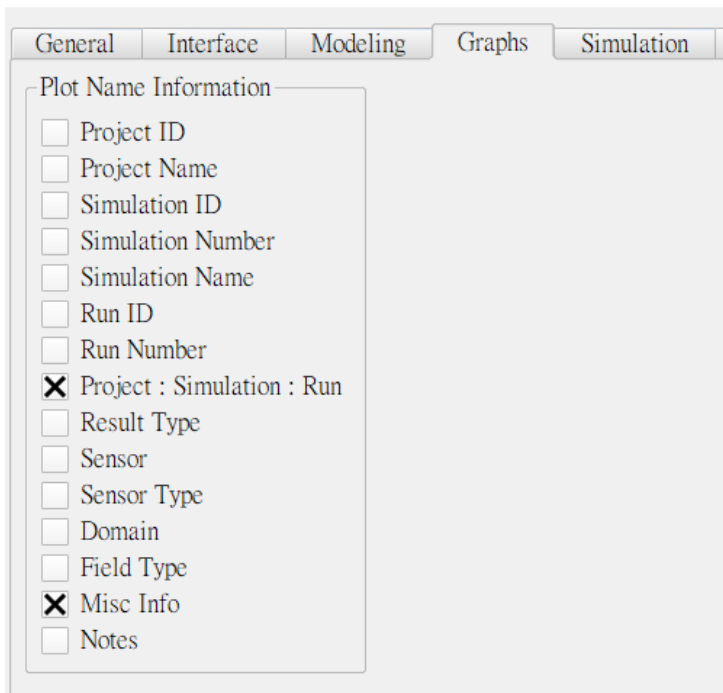
- 器件，波导，网格以及背景颜色设置



- 鼠标滚轮方向等相关设置

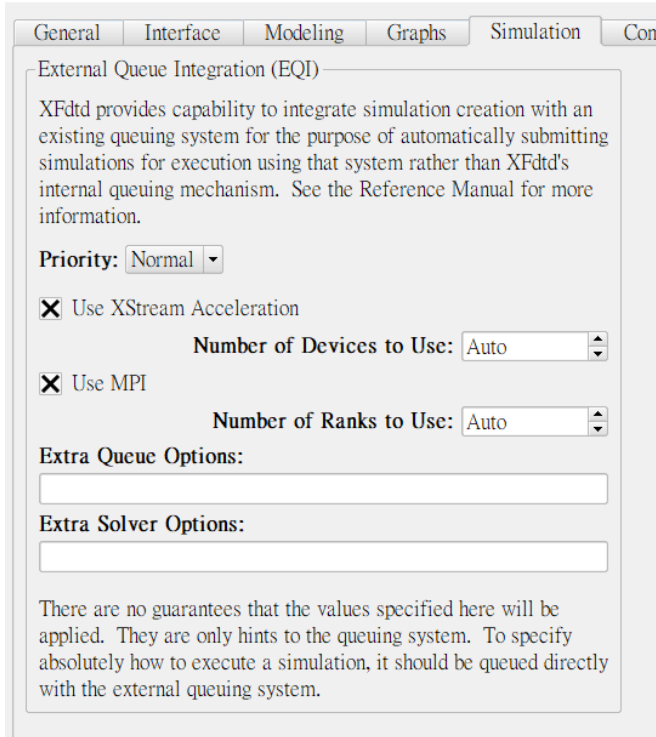
软件全局偏好设置

XFtdt - Application Preferences



- Graphs 页面，用户可以设置曲线图命名的词缀。

XFtdt - Application Preferences



- Simulation 页面，用户可以设置 XFtdt 的仿真排队脚本。

软件全局偏好设置



XFtdt - Application Preferences

General Interface Modeling Graphs Simulation Compatibility

Picking Tools

Starting in XFtdt 7.1, the picking tools do not attach picked points and directions to the selected geometry by default. To attach them, press 'a' while picking. To revert to the previous behavior, where picked points and directions were attached to the selected geometry by default, check the box below.

☐ Attach Picked Points and Directions by Default

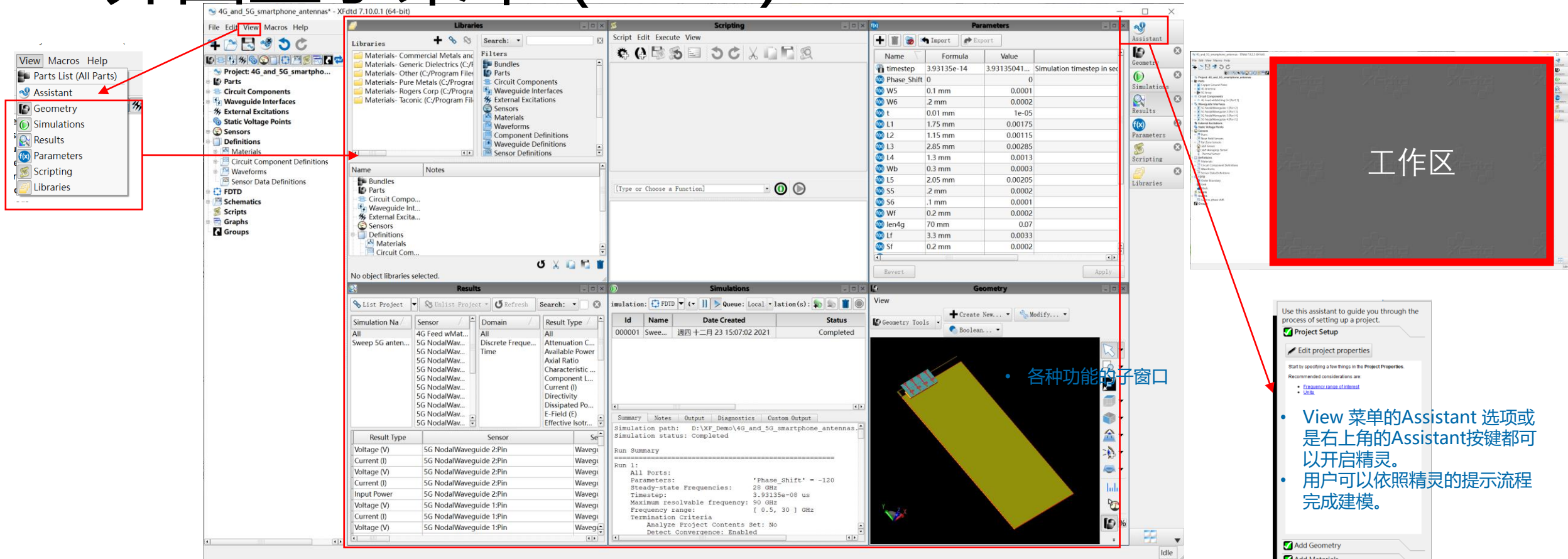
External Queue Integration

Starting in XFtdt 7.8, determining the job id of the simulation when canceling an EQI job is handled by the processing daemon instead of being given to the daemon by XFtdt. This is done to further separate and clarify the responsibilities of the user interface and simulation handling. If you cancel an externally queued job in XFtdt but it is not canceled from the job scheduler, check the Custom Output simulation tab for a message about not finding the job id for the canceled simulation. If there is one, the daemon may not yet be upgraded. Enabling this option will cause the user interface to provide the old EQI behavior.

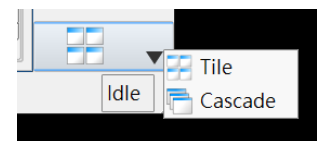
☐ Enable Backwards Compatibility for EQI Cancellation

- [Compatibility](#) 页面，用户可以设置对应旧版项目(7.1,以及7.8)的兼容性设置。

界面显示菜单 (View)



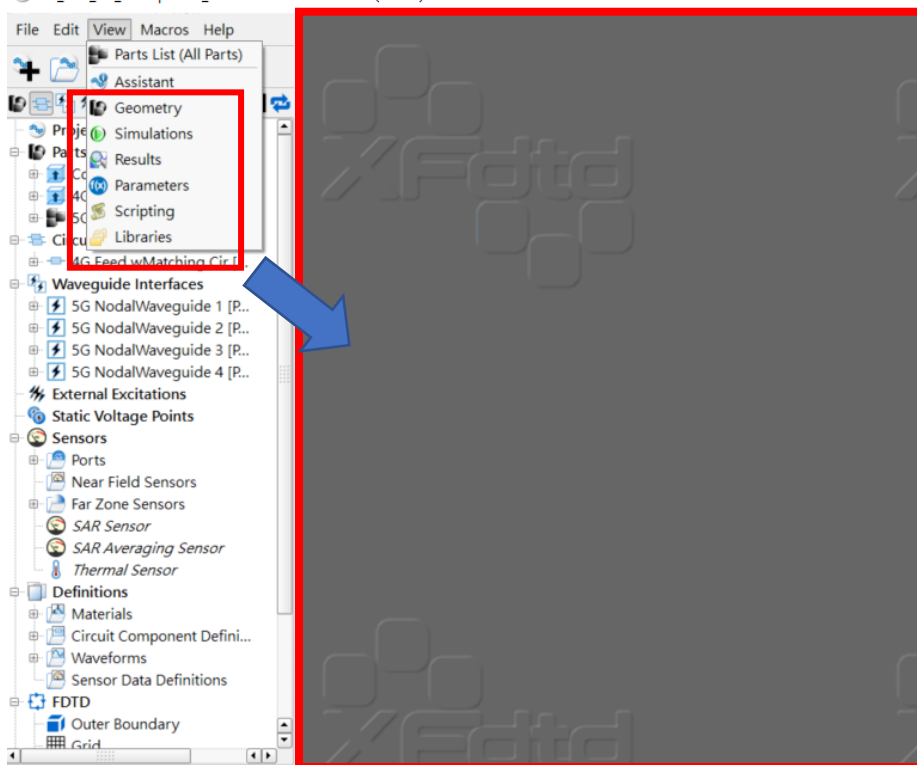
- XFdtd的界面是一个主要的大窗口，用户在中间的工作区(灰色空白区块)展开几何模型(geometry),脚本(scripting),参数等窗口进行各种工作。
- 用户可以使用View 菜单选择开启或隐藏这些子窗口。



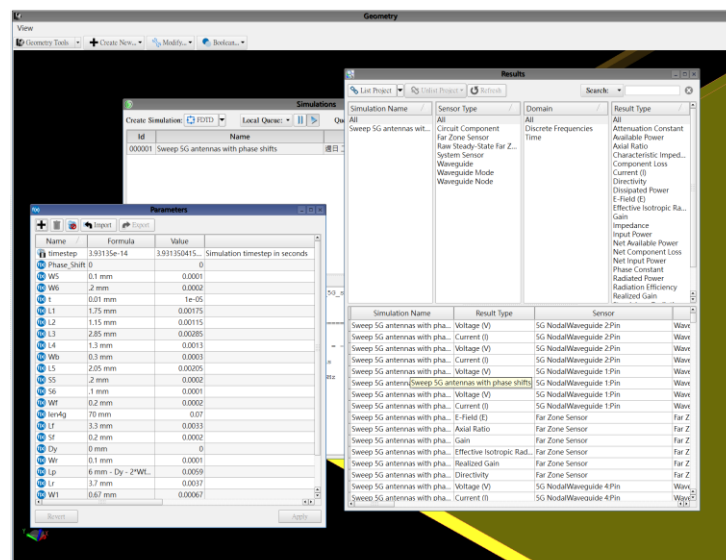
- 切换子窗口的排列方式

界面显示菜单

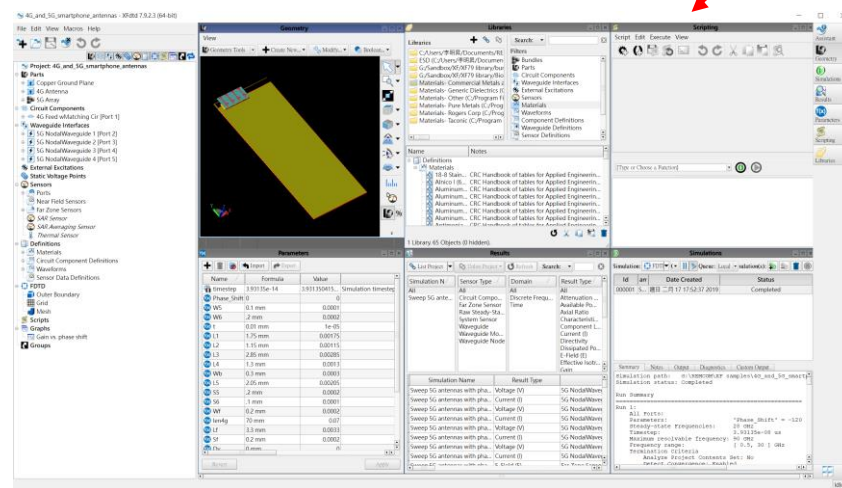
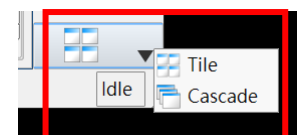
4G_and_5G_smartphone_antennas - XFtdt 7.9.1.3 (64-bit)



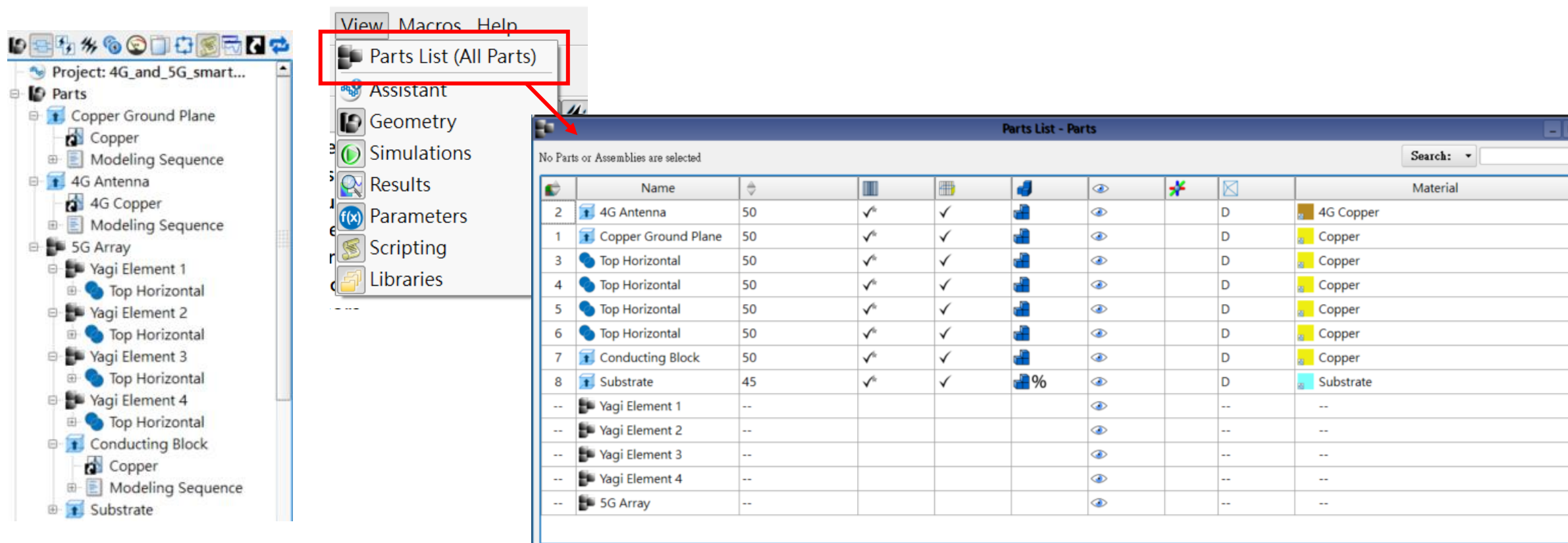
- View 菜单的 Geometry, Simulations, Results, Parameters, Scripting, Libraries 等选项可以切换子窗口的显示与隐藏。
- XFtdt默认这些窗口都是打开之后堆叠在上图中灰色的工作区，Geometry子窗口默认最大化，占满整个工作区。



- 随着工作进行，工作区的窗口可能变的凌乱，或是找不到要看的窗口。
- 可以透过画面右下角的按键选择排列方式做整理。



界面显示菜单



- 完整的产品模型可能会有数千个零件，窗口左边的树状零件列表就显得不好操作了。
- View 菜单提供 Parts List 这个功能，可以打开零件表单窗口，用更为便利，有弹性的方式来操作，是一个很有用的宏观建模工具。
- 零件清单，用户检查/编辑零件的各种设置的便利工具

界面显示菜单

- 零件编号
- 零件名称
- 网格优先级
- 是否处于特定网格剖分设置区域
- 是否处于固定网格点设置区域
- 是否使用XACT mesh
- 是否随附 locator
- 表面显示贴图设置
- 零件使用的材料
- 搜寻栏位, 可以用名称等条件寻找零件。

表单第一列的顶端栏位也是按键, 用户按下之后会依照栏位资料进行排序。。

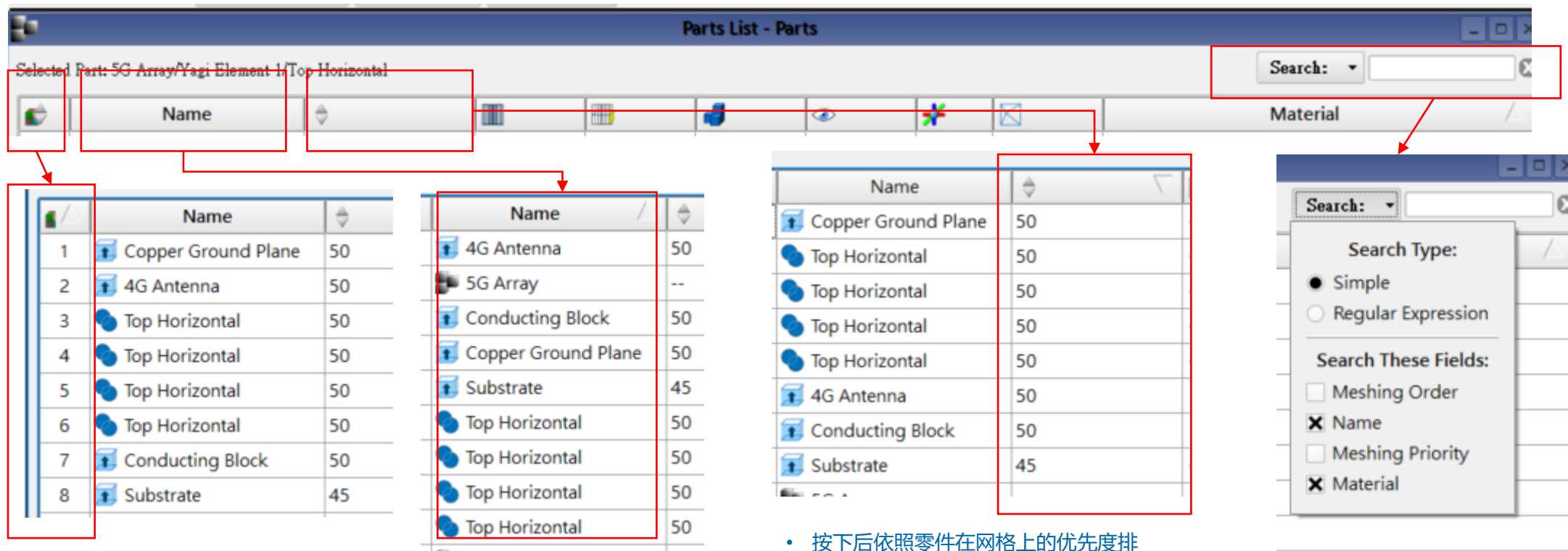
点选零件, 打开右键菜单进行各种编辑, 可进行和Project Tree完全相同的操作。

Parts List 提供一个更为便利的零件编辑, 整理界面, 用户可以很快的找到所需的零件, 进行各种编辑工作。

细节在后面的建模章节会继续说明

	Name	Grid Priority	Fixed Grid Point	XACT Mesh	Locator	Material
2	4G Antenna	50	✓	✓	✓	4G Copper
1	Copper Ground Plane	50	✓	✓	✓	Copper
3	Top Horizontal	50	✓	✓	✓	Copper
4	Top Horizontal	50	✓	✓	✓	Copper
5	Top Horizontal	50	✓	✓	✓	Copper
6	Top Horizontal	50	✓	✓	✓	Copper
7	Conducting Block	50	✓	✓	✓	Copper
8	Substrate	45	✓	✓	✓	Substrate
--	Yagi Element 1	--				
--	Yagi Element 2	--				
--	Yagi Element 3	--				
--	Yagi Element 4	--				
--	5G Array	--				

界面显示菜单



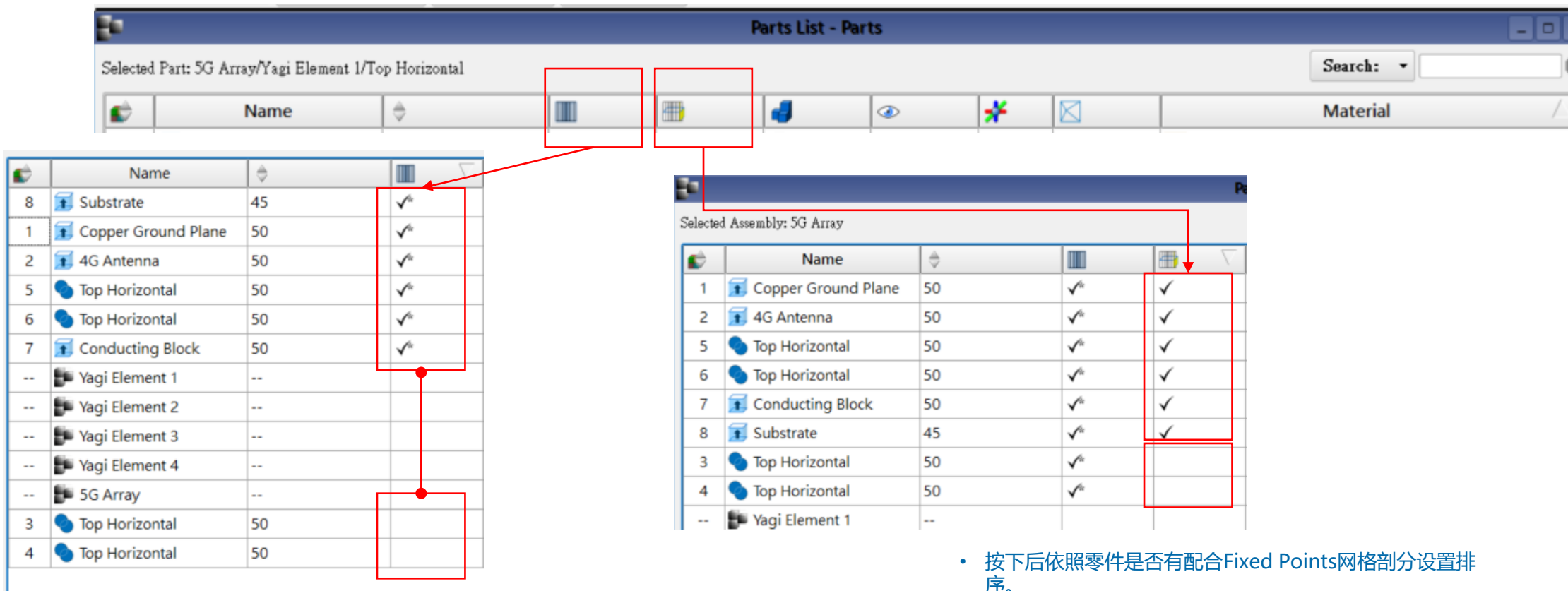
- 按下后依照零件编号排序。

- 按下后依照零件名称排序。

- 按下后依照零件在网格上的优先度排序。
- 数字大的优先度高，和其他零件接触导致共用一个网格面时占用网格。

- 搜寻栏位及设置菜单，可以输入关键字在指定栏位搜寻零件。
- 指定栏位包括名称，材料，网格剖分顺序，网格优先度等四个。
- 默认搜寻栏位为名称及材料。

界面显示菜单



Parts List - Parts

Selected Part: 5G Array/Yagi Element 1/Top Horizontal

Name	Quantity	Fixed Points
8 Substrate	45	✓
1 Copper Ground Plane	50	✓
2 4G Antenna	50	✓
5 Top Horizontal	50	✓
6 Top Horizontal	50	✓
7 Conducting Block	50	✓
-- Yagi Element 1	--	
-- Yagi Element 2	--	
-- Yagi Element 3	--	
-- Yagi Element 4	--	
-- 5G Array	--	
3 Top Horizontal	50	
4 Top Horizontal	50	

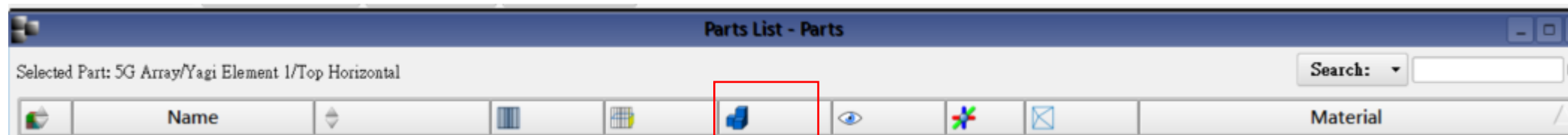
Selected Assembly: 5G Array

Name	Quantity	Fixed Points
1 Copper Ground Plane	50	✓
2 4G Antenna	50	✓
5 Top Horizontal	50	✓
6 Top Horizontal	50	✓
7 Conducting Block	50	✓
8 Substrate	45	✓
3 Top Horizontal	50	
4 Top Horizontal	50	
-- Yagi Element 1	--	

- 按下后依照零件是否有配合特定的网格剖分设置区间排序。
- 打勾的表示有相关网格设置，空白的表示没有。
- 用户可以把鼠标停留在栏位上一段时间之后会显示说明。

- 按下后依照零件是否有配合Fixed Points网格剖分设置排序。
- 打勾的表示有Fixed Points 设置，空白的表示没有。
- 用户可以把鼠标停留在栏位上一段时间之后会显示说明。

界面显示菜单



	Name				
2	4G Antenna	50	✓	✓	
3	Top Horizontal	50	✓	✓	
1	Copper Ground Plane	50	✓	✓	
6	Top Horizontal	50	✓	✓	
7	Conducting Block	50	✓	✓	
8	Substrate	45	✓	✓	
4	Top Horizontal	50	✓	✓	
5	Top Horizontal	50	✓	✓	

- 按下后依照零件是否有配合的网格剖方式排序。
- 用图形显示5种不同配置。
- 用户可以把鼠标停留在栏位上，一段时间之后会显示说明。



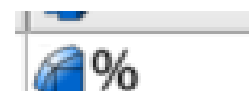
- 此零件为一般六面体网格。



- 此零件搭配Dielectric Volume Averaging 设置的一般六面体网格。



- 此零件搭配XFDTD的Xact mesh，可以产生非直线的高保形网格。

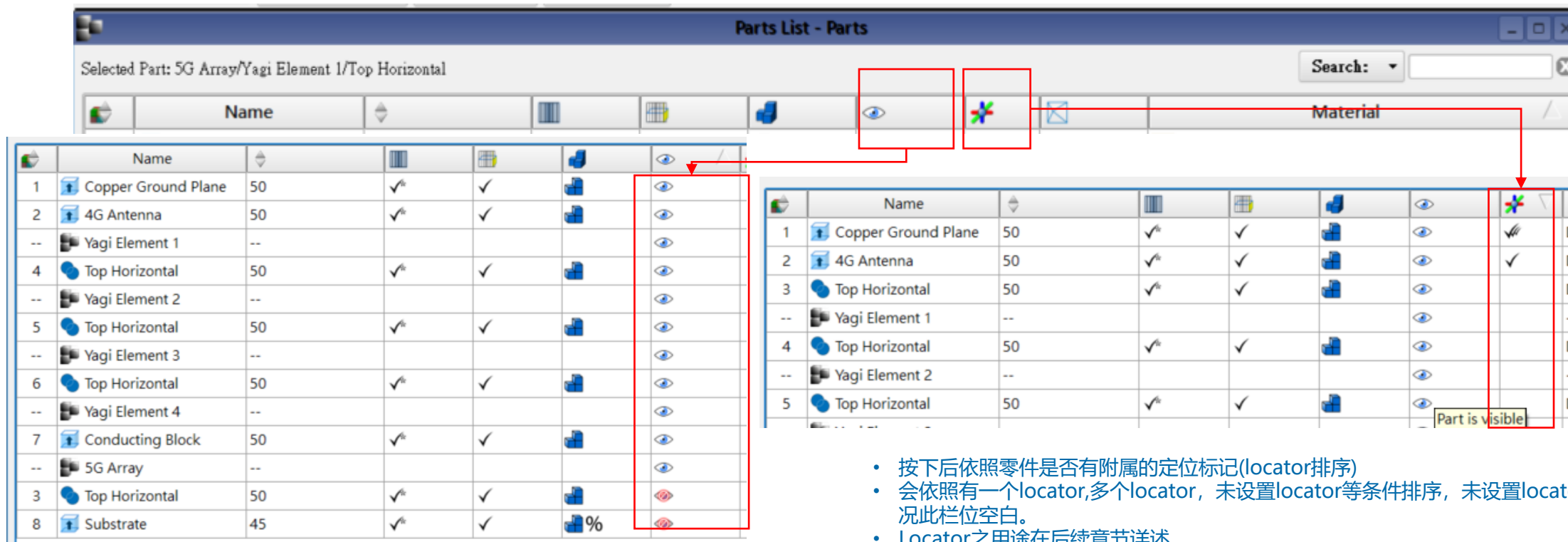


- 此零件搭配XFDTD的Xact mesh，可以产生非直线的高保形网格，也同时搭配Dielectric Volume Averaging 设置。



- 不对此零件剖分网格，在网格上忽略此零件，所占空间用free space 填充。

界面显示菜单



- 按下后依照零件是否隐藏排序。



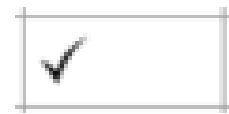
- 此零件显示。



- 此零件隐藏



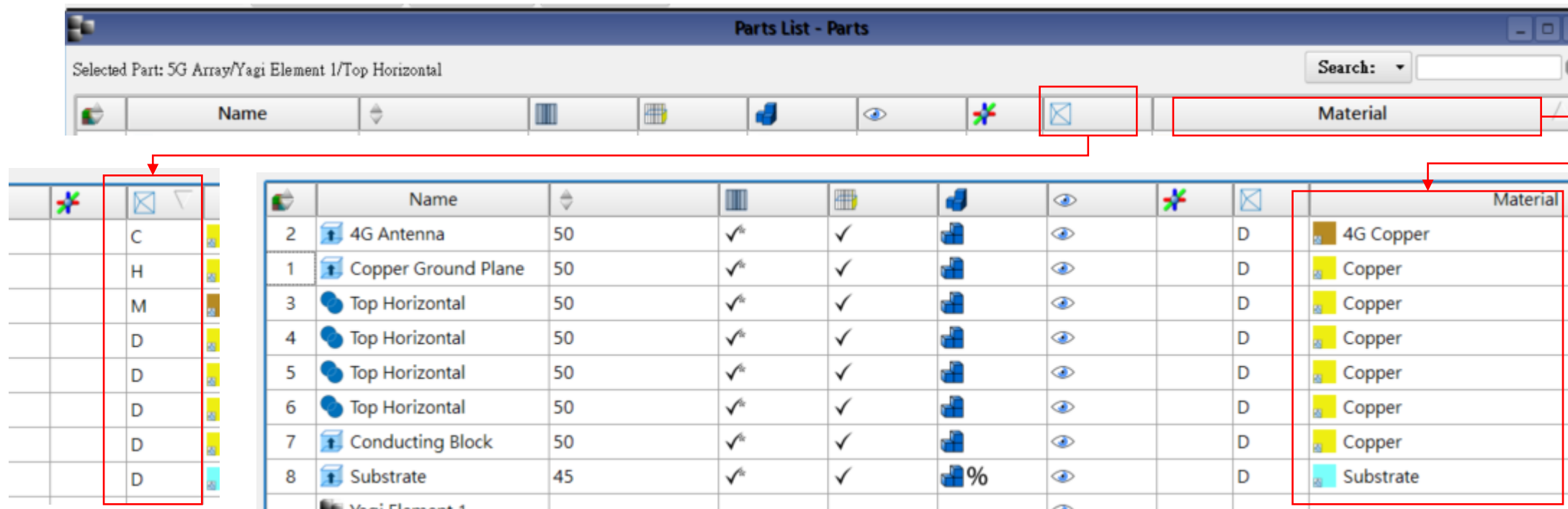
- 此零件有多个locator附属。



- 此零件有一个locator附属。

- 按下后依照零件是否有附属的定位标记(locator)排序)
- 会依照有一个locator,多个locator, 未设置locator等条件排序, 未设置locator的情况此栏位空白。
- Locator之用途在后续章节详述。

界面显示菜单



- 按下后依照零件图形显示设置序。

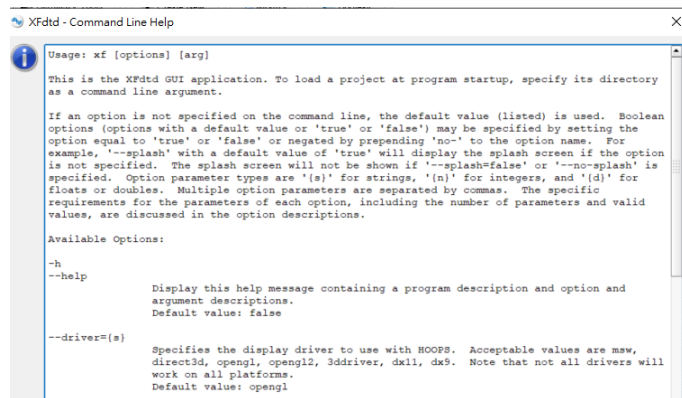
C: 用户自定
D: 默认值
H: 高质量渲染
M: 中等质量渲染

- 按下后依照零件的材料名称排序。

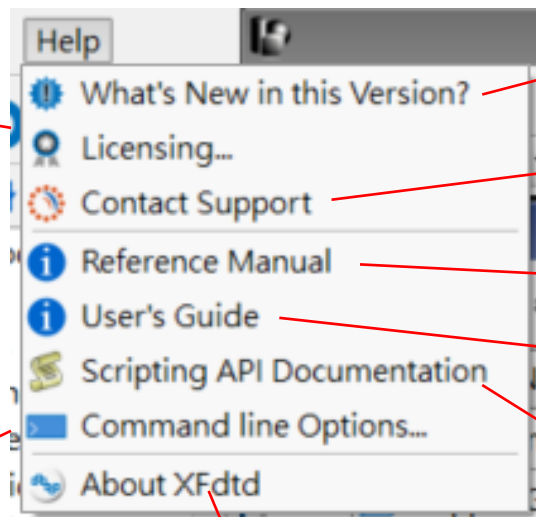
帮助(Help)菜单



- 开启读取license窗口。



- XFtdt 的命令行说明。



- 打开REMCOM网站关于版本新功能页面，用户需要联网才能检视。

- 打开REMCOM网站，用户需要联网才能检视。

- 打开XFtdt自带的说明文件，该pdf文档在XFtdt安装文件夹的doc文件夹内。

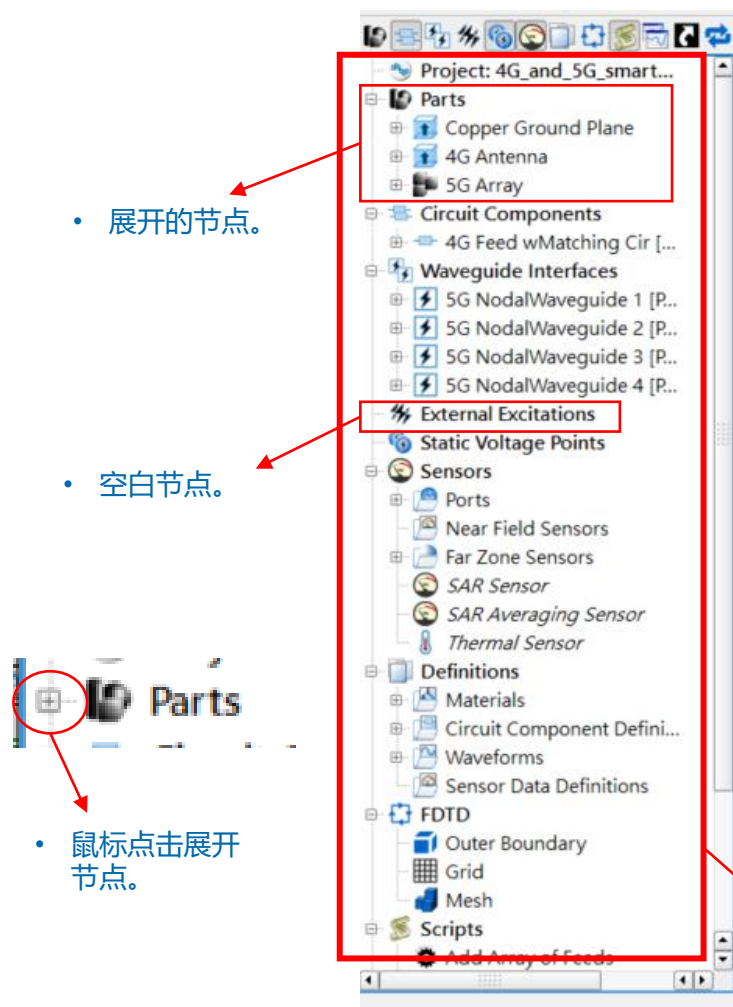
- 打开XFtdt自带的英文教程文件，该pdf文档在XFtdt安装文件夹的doc文件夹内。



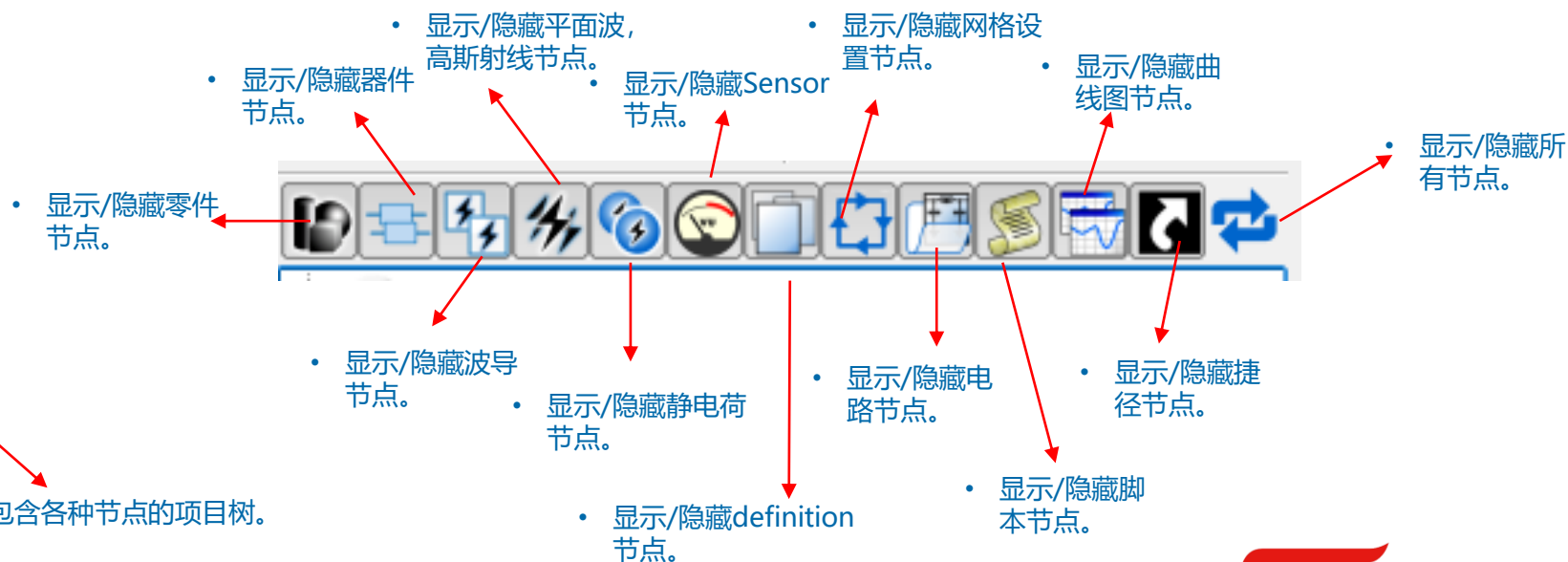
- 打开XFtdt自带的Qt script 脚本英文教程文件，该文档在XFtdt安装文件夹的doc/scripting/html路径下。
- 文档格式为HTML，用户也可以直接打开index.html这个文档。

- 关于XFtdt 的杂项信息。

项目树(Project tree)



- 在XFtdt界面左侧区域叫做项目树(project tree),是用树状图的方式列出模型中的各种要素。
- 这些要素包括具体的零件, 电路器件, 波导, 作为属性的材料, 作为收集数据区域设置的sensor, 环境设置的网格(FDTD), 边界条件, 输出的曲线图等等。
- 树状图节点也可以打开对零件或器件等作进一步编辑。
- 项目树上方有一排控制按键, 可以切换是否显示特定节点。

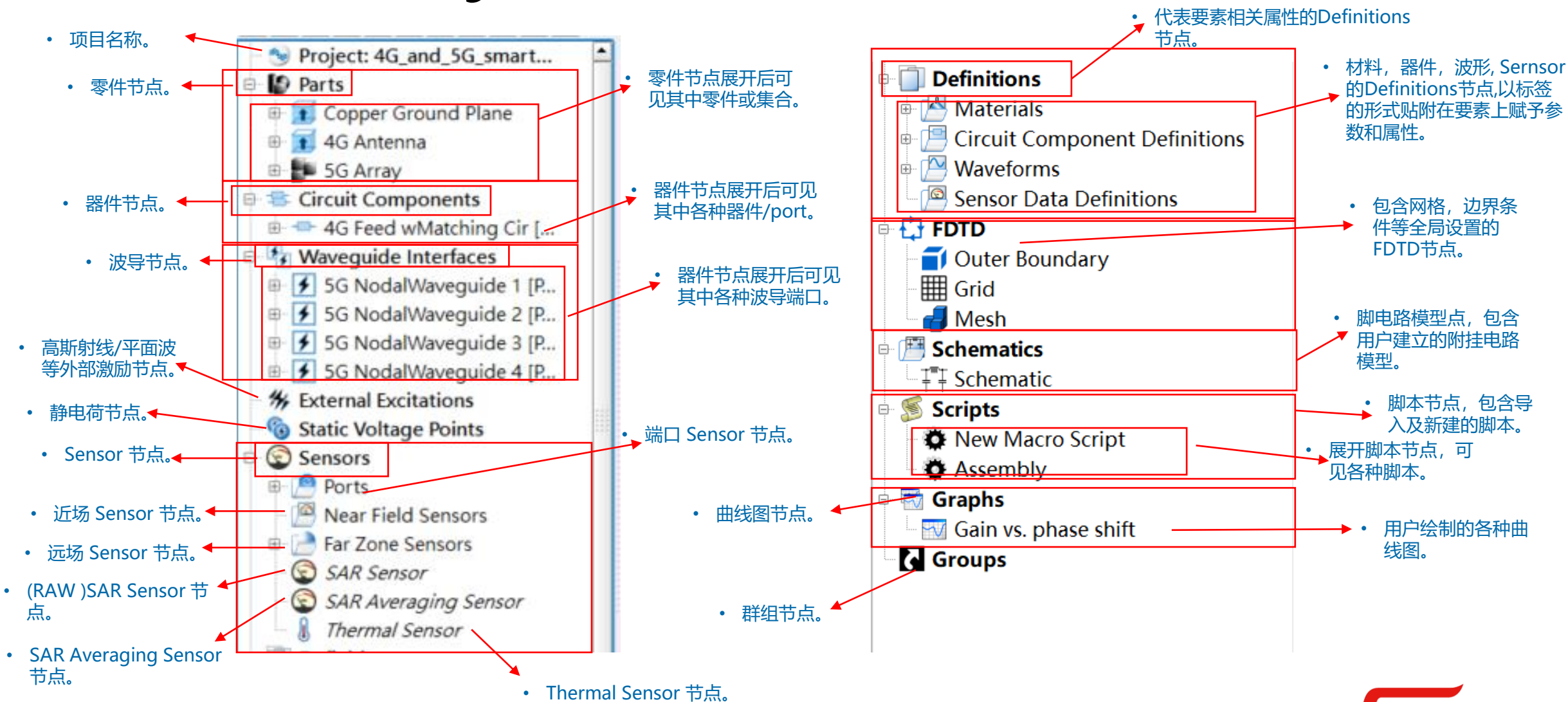


项目树(Project tree)



- Project Tree 上有一排控制按键可以切换显示/隐藏节点。
- 在模型较为复杂时，用户可以自行调整哪些要显示，便于编辑。

项目树(Project tree)



项目树(Project tree)

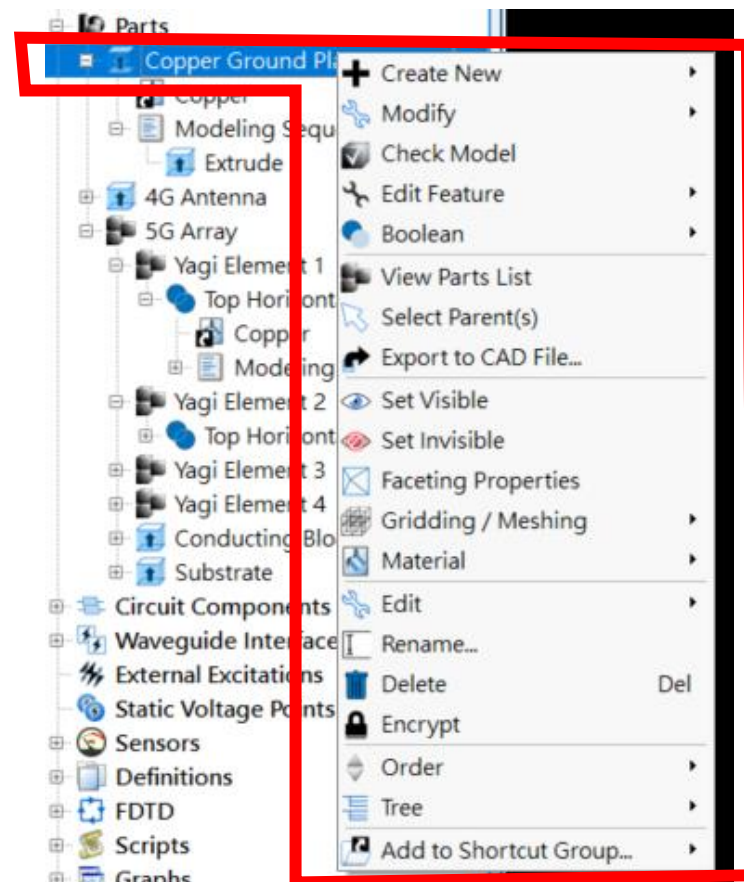
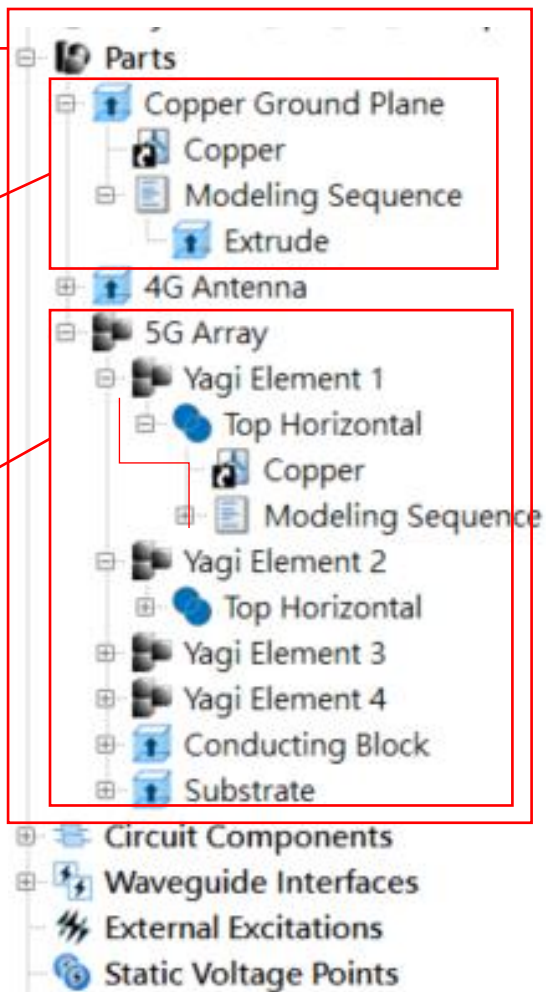
- 节点展开后可见其中各种要素，在此以零件节点为例。
- 不同节点展开后

- 零件节点中的个别零件也是一个子节点，展开后也会有材料，建模流程等次级节点可以编辑设置。

- 用户可以建立集合(assembly)然后将一个或多个零件纳入集合。

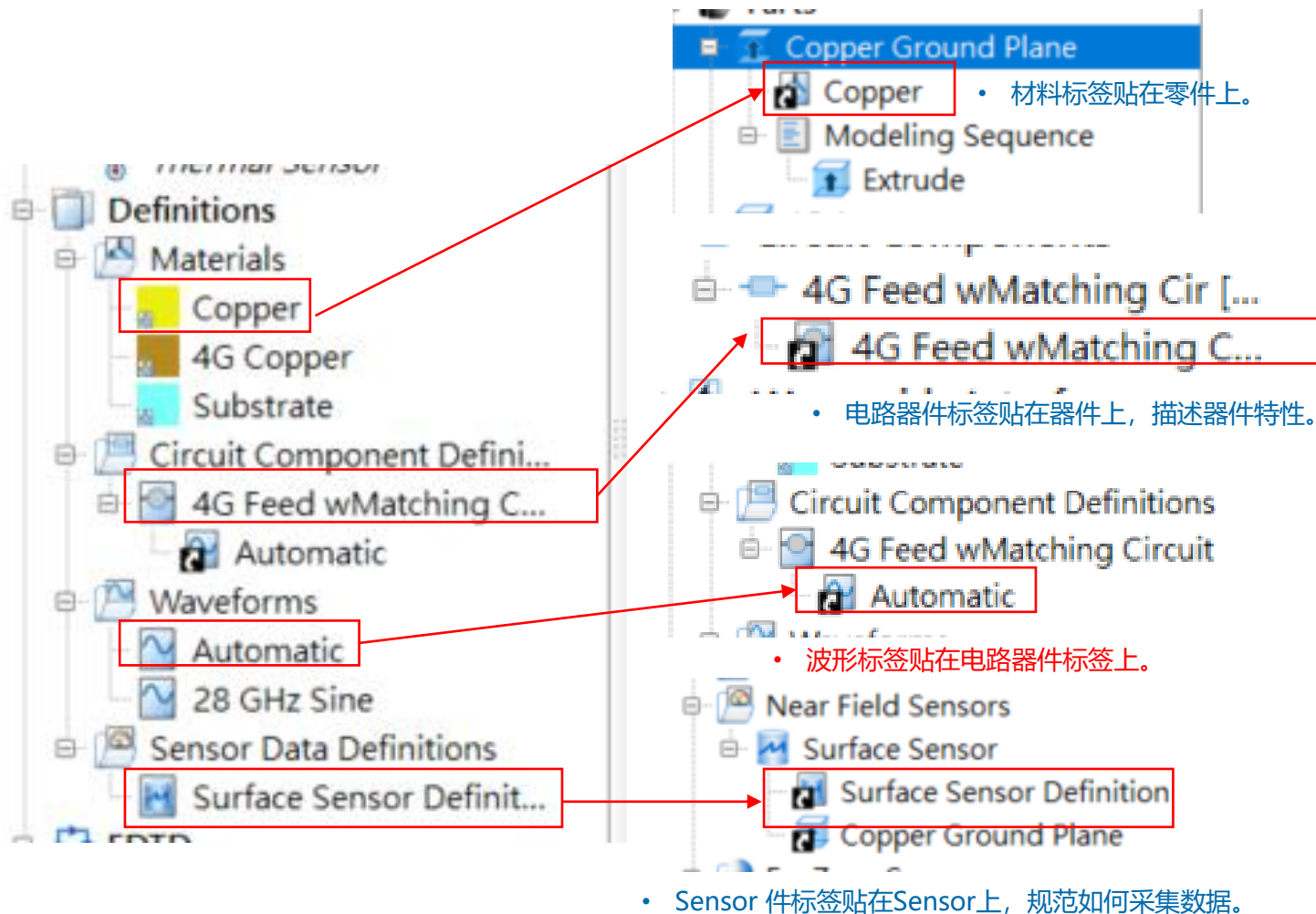
- 也可以把一个集合放进另一个集合里面形成多重嵌套集合。

- 集合(assembly)可以一层一层展开直到最底层。



- 可以在展开节点后打开右键菜单做各种设置。
- 不同的要素展开后菜单内容也会有不同

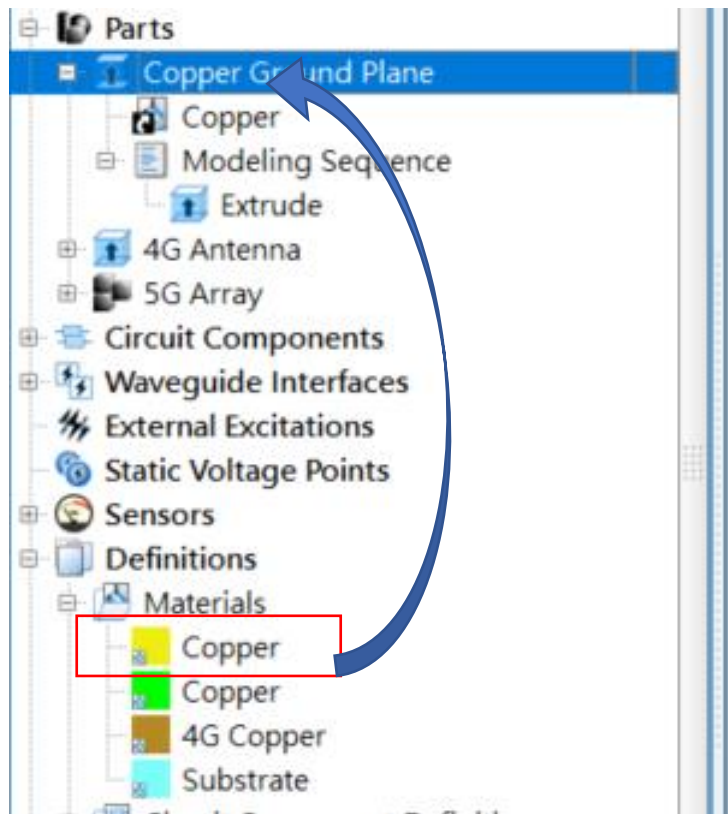
Definitions 节点



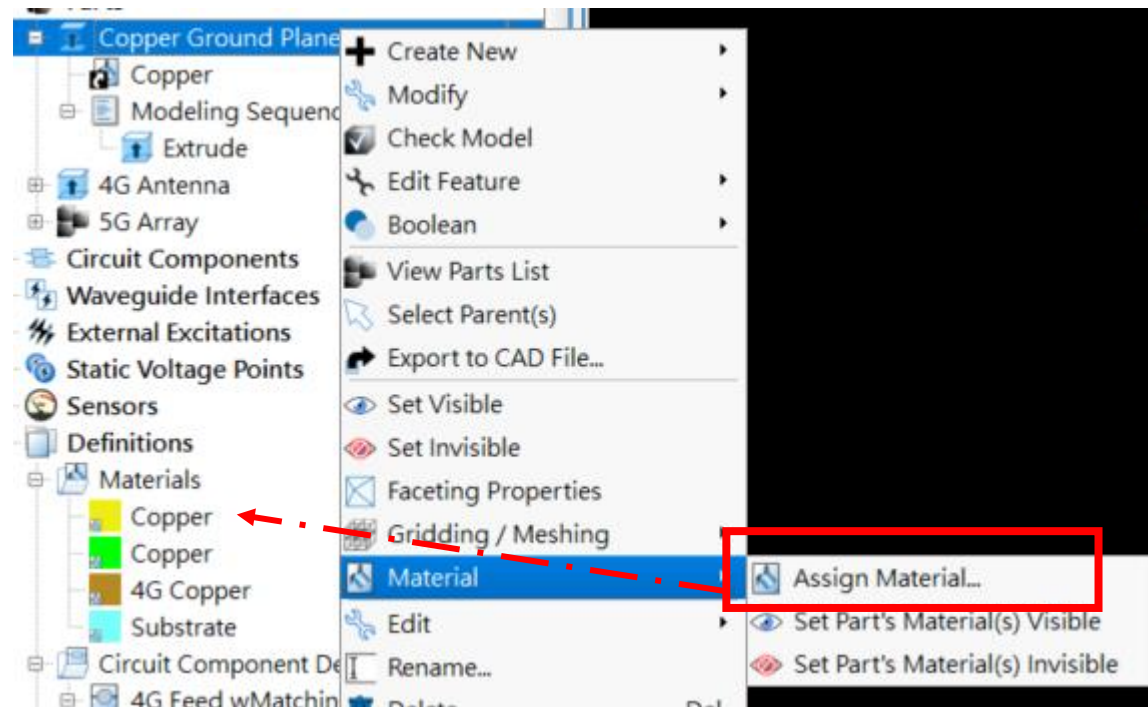
- Definitions 节点是一个相对独立又对其他要素有很大影响的节点，所以在本章节先说明，各种要素的个别Definitions在后续章节详述。
- Definitions可以视为一个**标签池**，用户在这边建立许多**描述材料，波形，器件特性及电路，以及Sensor收集数据的标签**，然后可以当作概念上把这些标签**贴**在对应的零件或器件等要素上，赋予这些模型要素具体意义。
- **有的标签也可以贴在其他标签上**，如Waveform标签可以贴在Components(器件)上，用来描述这个器件发射的波形，也可以贴在波导(Waveguide)上。
- 多个要素可以，**共用**一个标签，例如数个零件可以**共用一个铜材料标签**。
- 标签贴在模型要素上之后**仍然和标签池里面的标签相关联**，用户修改definitions里面的标签**会影响到所有使用这个标签的要素**。

Definitions 节点

- 贴附标签的方式。

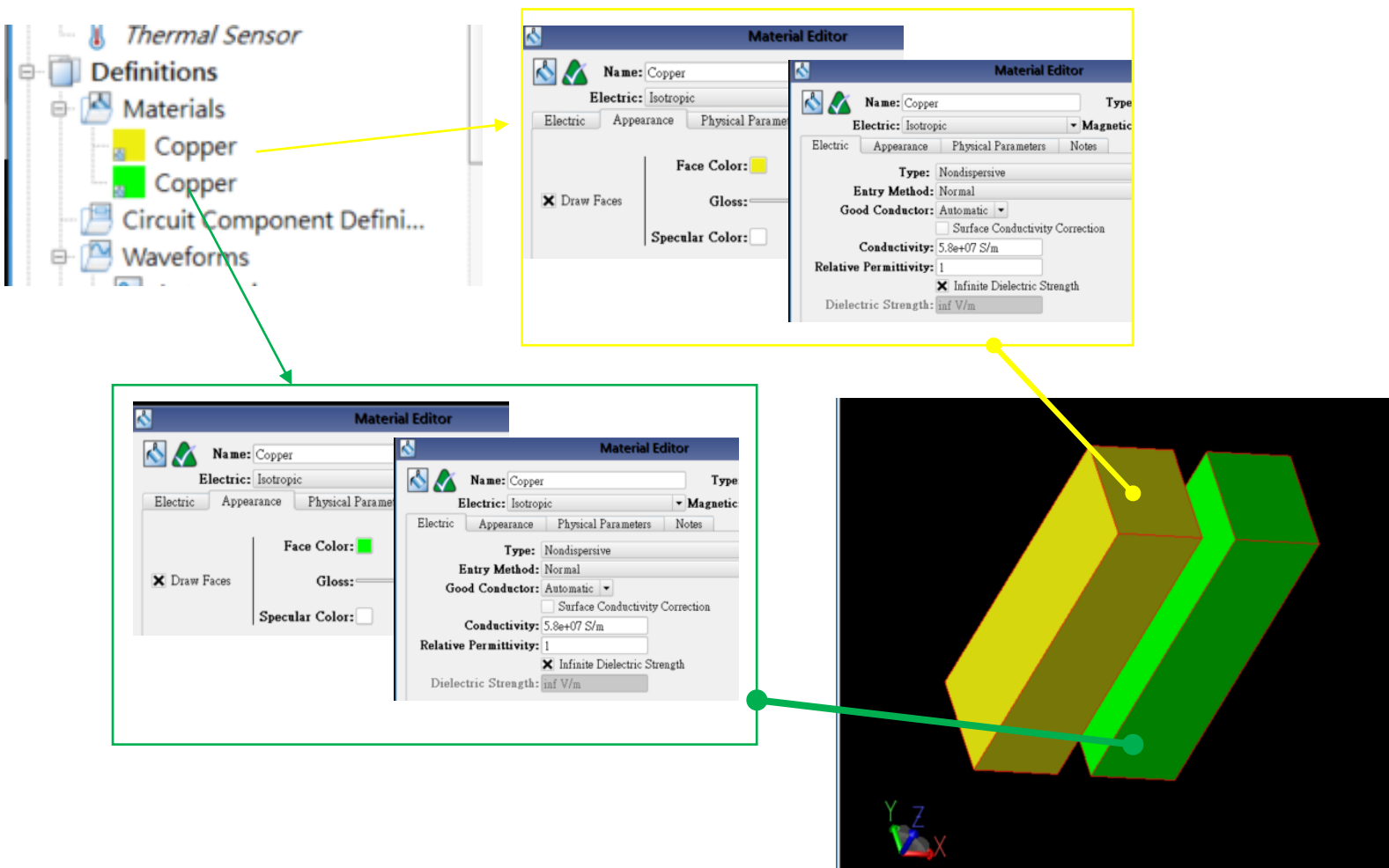


- 用鼠标拖曳(drag-and-drop)的方式来贴附标签，图中是把材料标签拖到零件上。



- 用右键菜单来贴附标签到零件上。

Definitions 节点



- 标签池里面也可以存在两个完全一样的标签，在设计模型时可以用来区别特定模块。

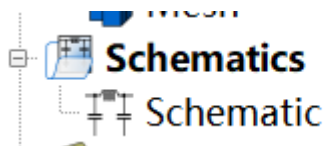
- 以材料为例，左图有两个完全相同的铜材料标签，仅显示颜色不同，各贴在一个零件上，这样即使两个零件用相同的材料，也可以分别。

- 模型设计上，可用于如区别模块之用，如一支手机上有LTE天线和Wifi天线，都是一样的铜材料但是设计和分析上希望能区别开来，就可以这样安排。

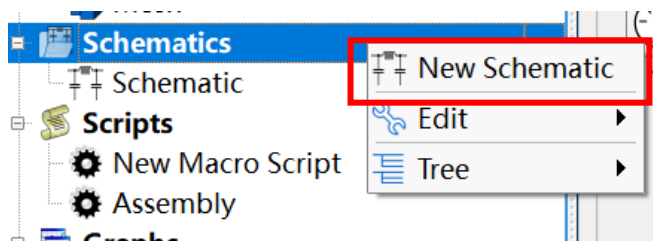
- 除了可以在视觉上区分，也可以用在特定零件功耗分析上(后续章节详述)。

- 这种弹性提供设计模型的便利性，用户可以自行考量。

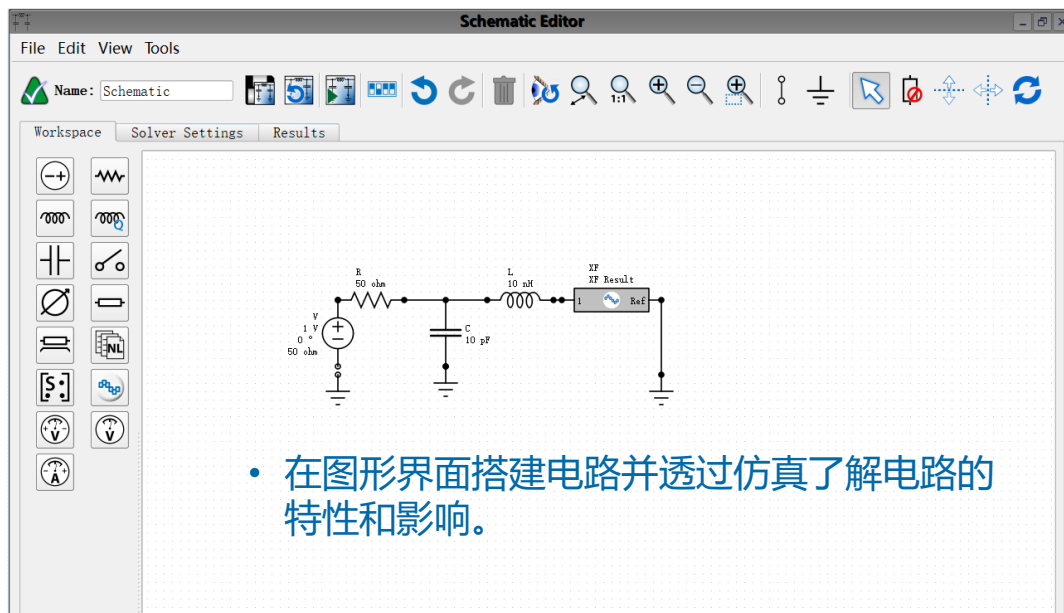
Schematics 节点



- Schematics Editor 是XFtd7.10的重大更新，是XFtd MIMO版的新功能，用户可以建立电路模型，附挂在FDTD网格上，经由后处理和物理模型连接起来呈现其对于天线的影响。



- 打开右键菜单选 New Schematic 建立新的电路模型。

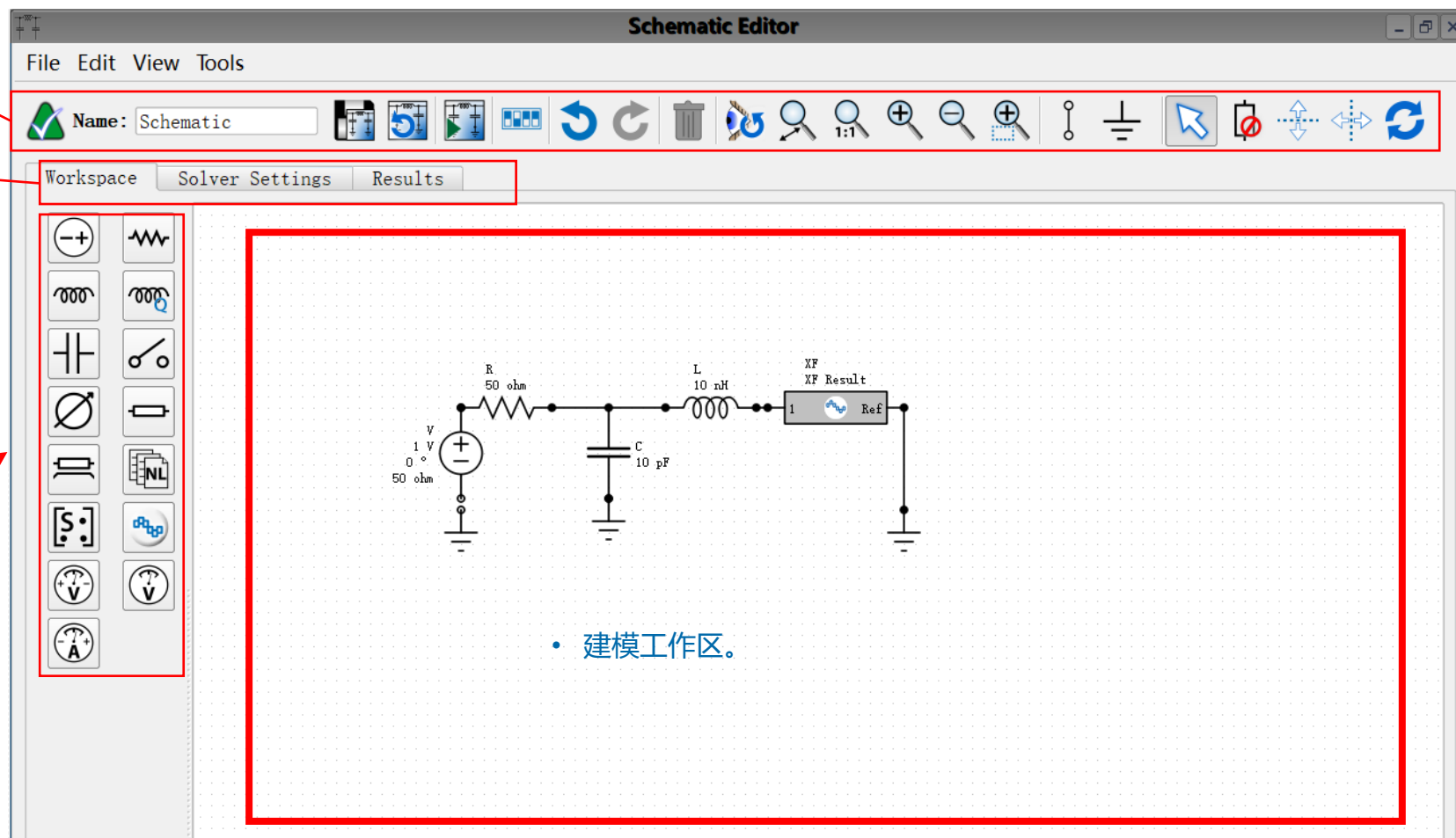


- 在图形界面搭建电路并透过仿真了解电路的特性和影响。

Schematics 节点

- 各种建模功能快捷键。

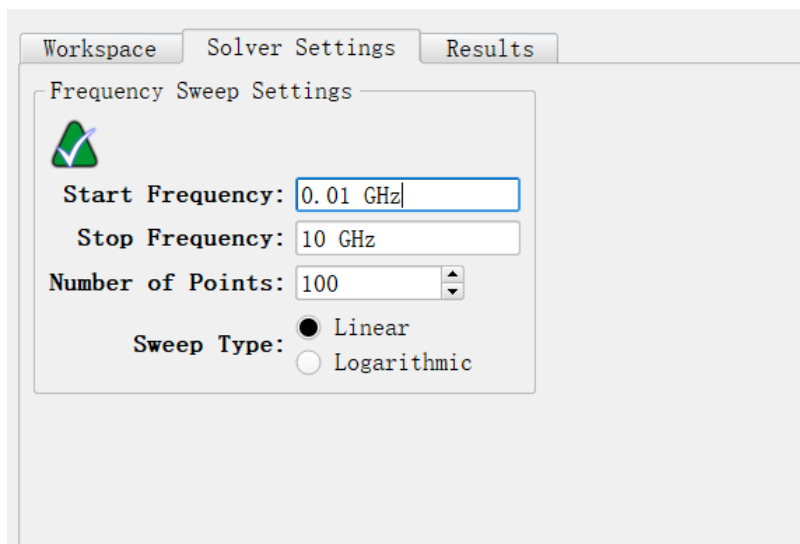
- 建模，解算设置以及输出页签。



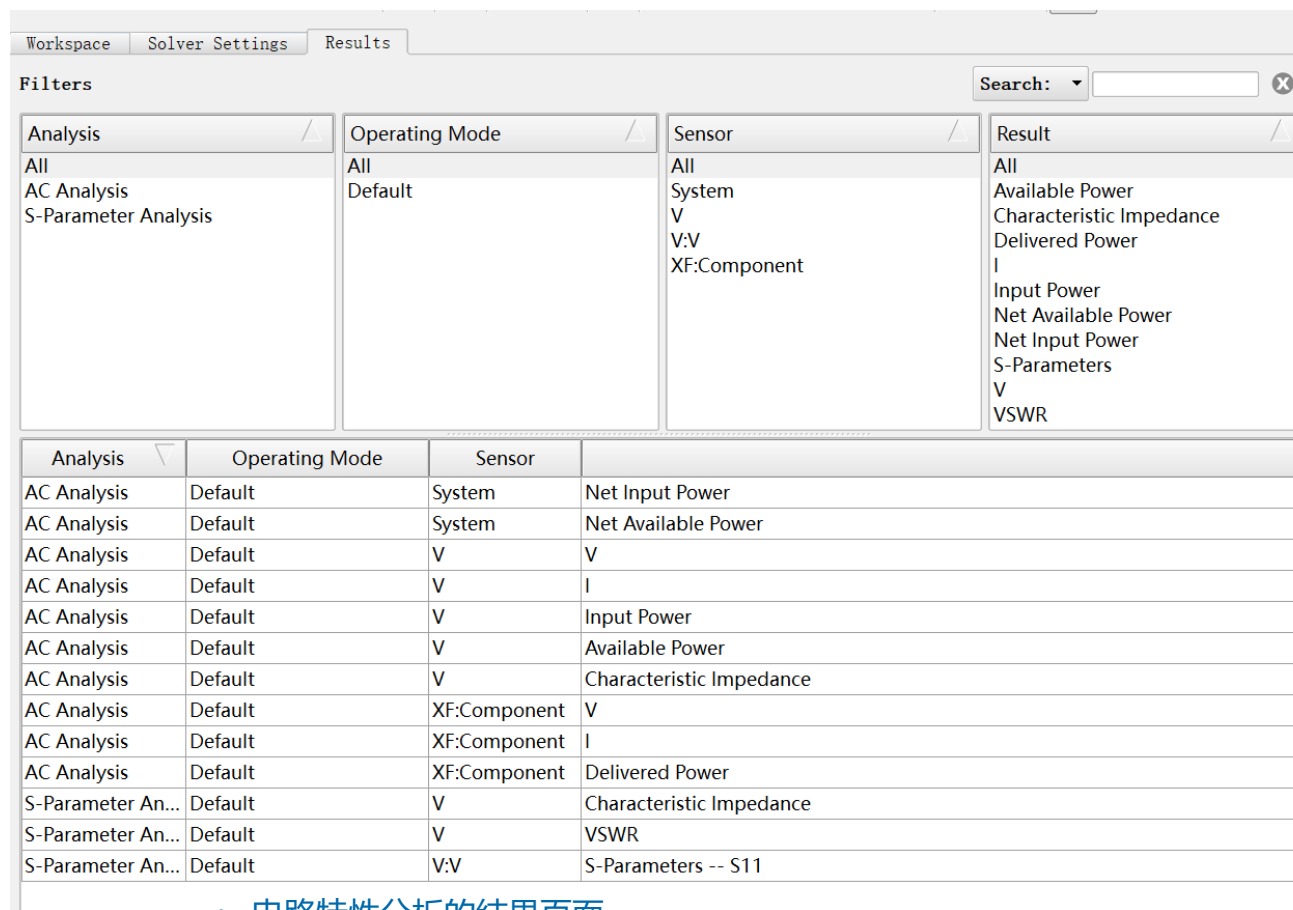
- 打开右键菜单选 Properties或鼠标双击打开Schematic Editor界面编辑电路模型。

- 建模工作区。

Schematics 节点

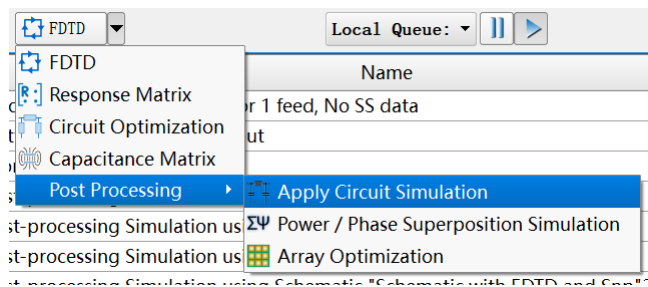


- 设置分析的频率范围以及频点取样方式和频点数。

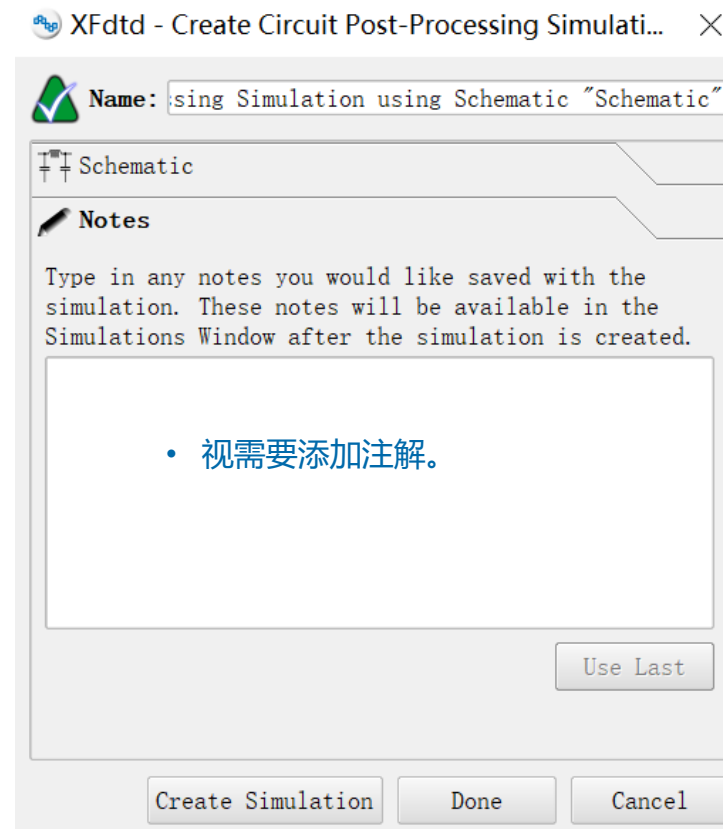
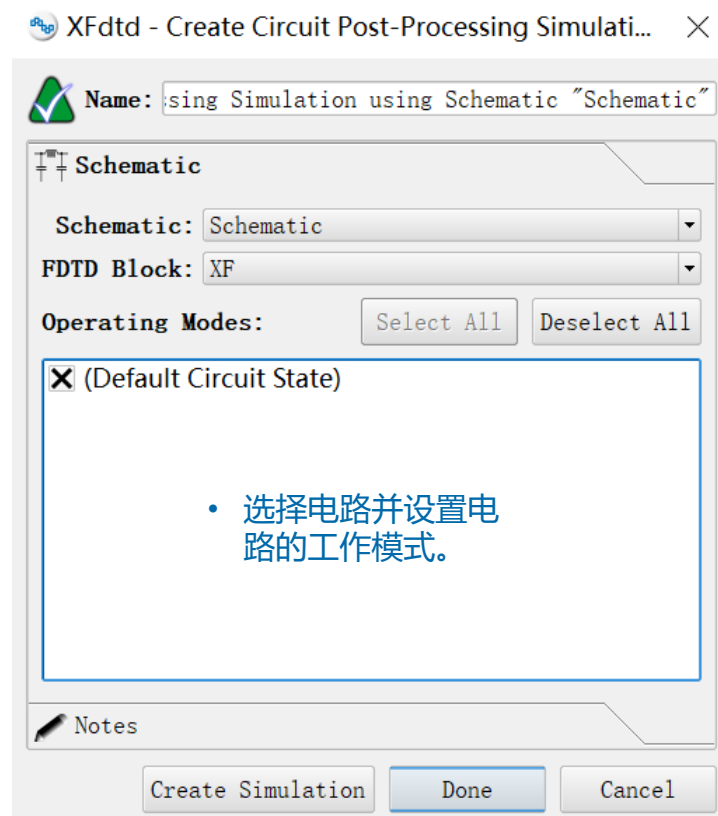


- 电路特性分析的结果页面。

Schematics 节点



- 建立电路模型并完成分析之后，可以进一步把电路模型附挂在天线激励端口上，透过后处理求得电路对系统的影响
- 在Simulations 页面菜单选择Post Process->Apply Circuit Simulation 将电路附挂并进行后处理。
- 可以求得受到电路影响/补偿/修正之后的2D/3D电场和增益等输出。



Groups 节点



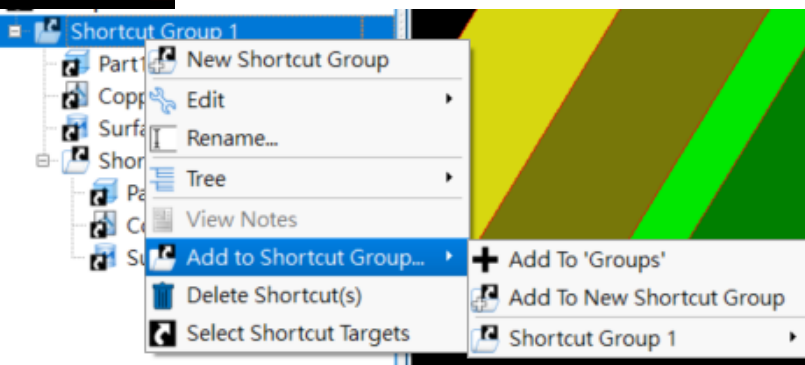
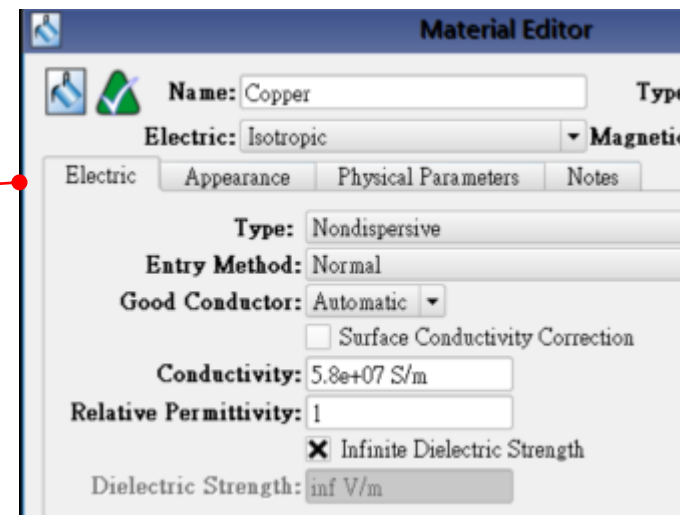
- 随着建模编辑，模型会变得复杂，零件，器件越来越多，用户可以在Groups节点建立捷径群组，把需要特别关注的要素放进去。
- 一个捷径群组里面可以同时有零件，器件或是材料标签等不同性质的要素，并不需要都是同类型的要素。
- 捷径群组下也可以嵌套捷径群组，形成多层结构

Groups 节点

- 零件。
- 材料标签。
- Sensor标签。
- 次级捷径群组。

- 一个捷径群组可以包含零件，材料标签，Sensor标签以及次级捷径群组的。
- 可以用右键菜单或鼠标拖拉的方式将要素加入捷径群组。

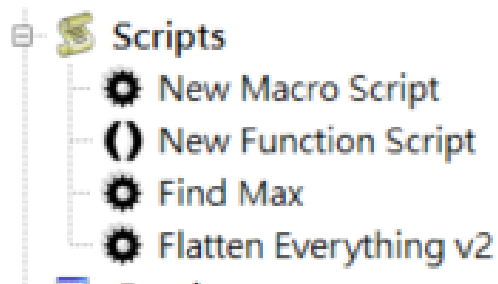
- 鼠标双击捷径或用右键菜单编辑对象要素。



- 捷径群组的右键菜单可以做各种编辑，包括复制/贴上，展开树状图，添加要素等等。

脚本 (Scripts) 节点

- XFtdt的用户可以透过撰写脚本扩充功能函数或是增加自动化或后处理功能。
- 用户可以透过脚本自行定制各种功能，用独家的创意将原始XFtdt大幅定制化。

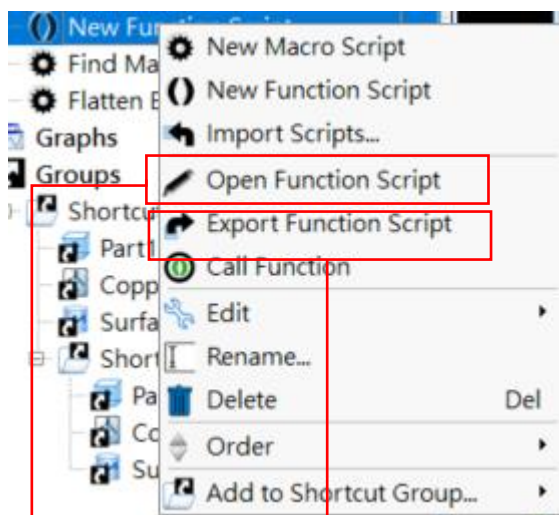


- 脚本 (Scripts) 节点，用户可以在这里新建或导入脚本，扩充XFtdt的功能。
- XFtdt的脚本分为 function 和 macro 两种，function可以作为函数或资源在背景自动被呼叫执行，或是被另一个macro呼叫，macro则是类似外部定制的扩充功能，要被呼叫才会执行。



脚本 (Scripts) 节点

- Function 脚本的右键菜单。

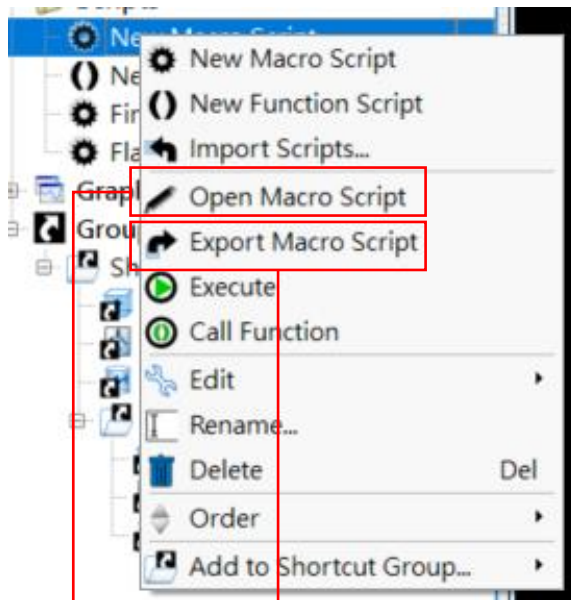


• 导出 function 脚本。

- 开启 function 脚本。

- 右键菜单中的排序(order)选项在有多个function脚本定义一个同名的function时，**排序在最底下**的脚本会有定义权。

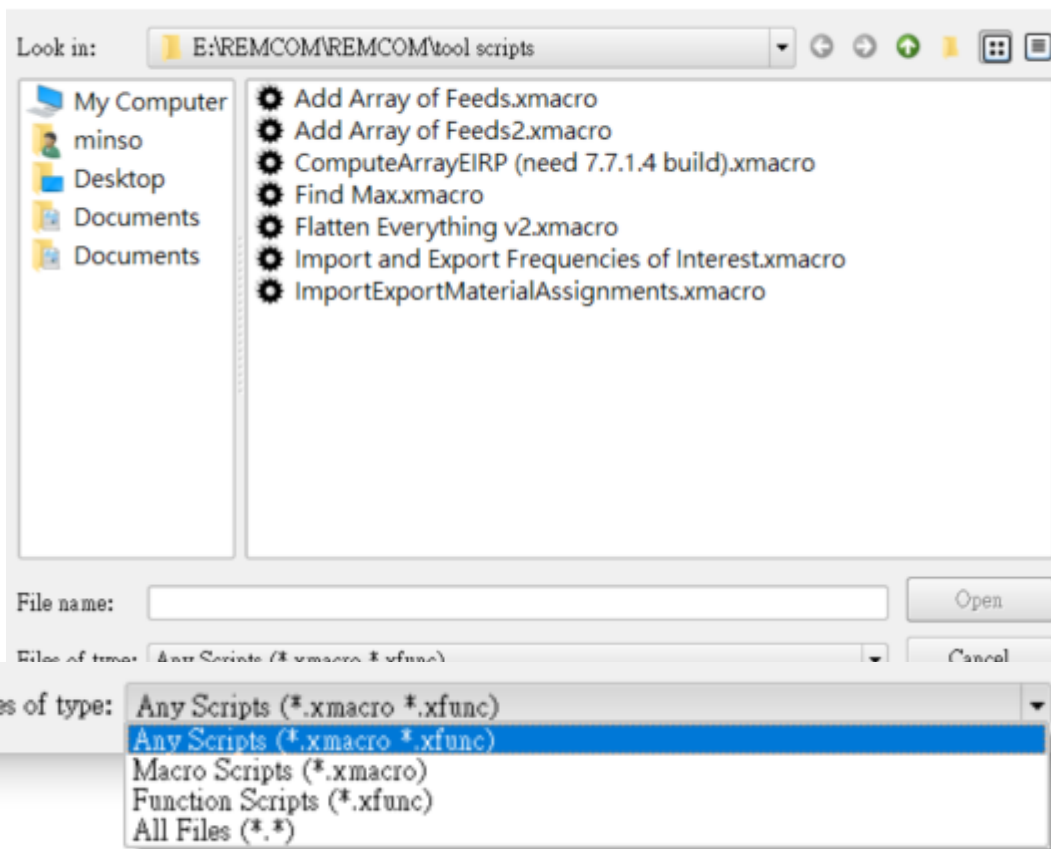
- Macro 脚本的右键菜单。



• 导出 macro 脚本。

- 开启 macro 脚本。

XFtdt - Select the script file(s) to import



- 开启现存脚本的窗口，macro脚本的副档名为xmacro，function脚本的副档名为xfunction。

脚本 (Scripts) 节点

- 脚本节点的右键菜单选择新建脚本或鼠标双击脚本即可打开脚本编辑窗口。
- 用户可以在这个类似一般编程工具的环境撰写和执行脚本，做各种编程工作。



- 输出及反馈区，用户可以从这里看到脚本执行后的各种反馈信息以及报错。

- 执行目前选择的macro脚本或左方菜单中的function脚本。

- View菜单可以切换显示或隐藏特定区域。

- 脚本编辑区，用户可以用上方的页签来切换编辑对象。

脚本 (Scripts) 节点

- 脚本窗口的功能键。



- 新建 macro 脚本。

- 新建 function 脚本。

- 确认脚本的编辑并允许生效。

- 取消并清除对脚本的编辑。

- 清空窗口的 output 区。

- UNDO。

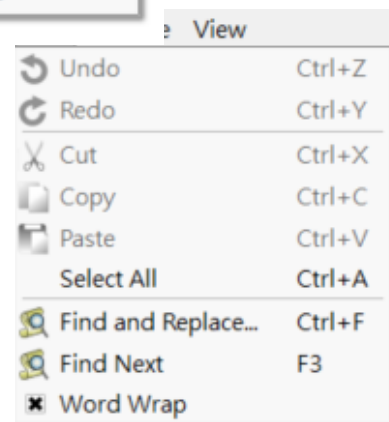
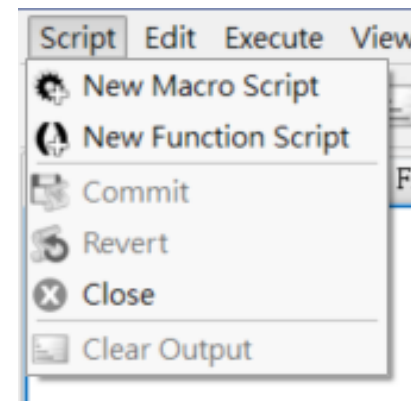
- REDO。

- 剪下。

- 复制。

- 贴上。

- 寻找并取代。

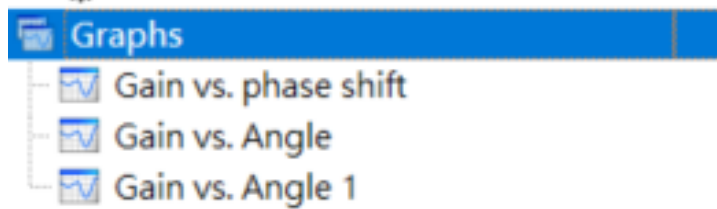


- 窗口提供协助用户编辑脚本的各种工具。

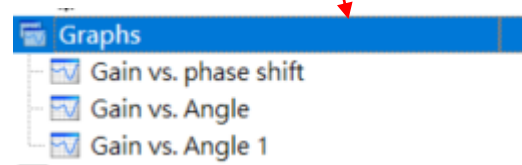
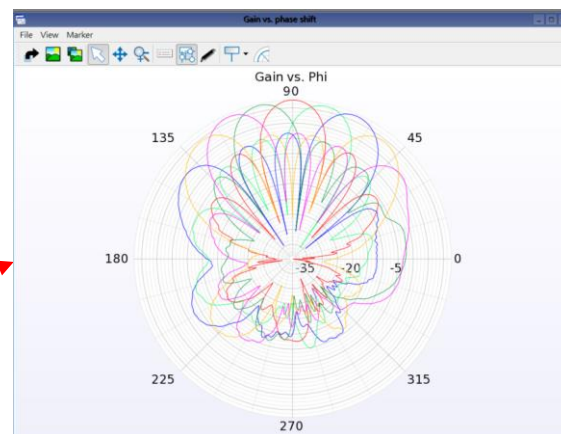
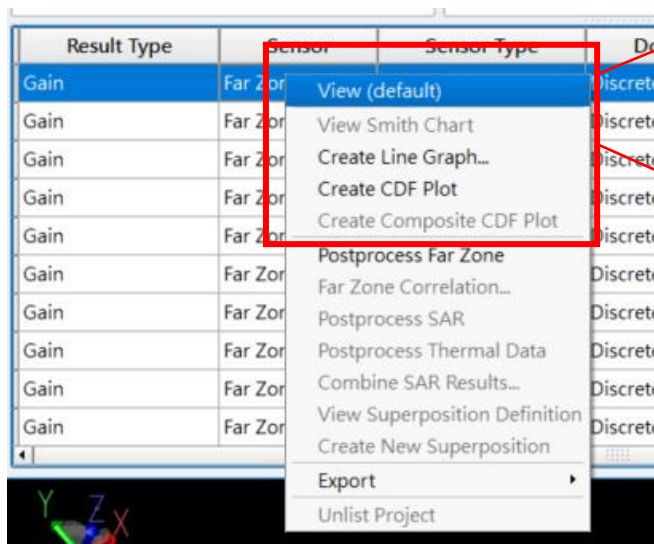
脚本 (Scripts) 节点

- XFtdt 的脚本撰写功能提供熟悉软件的用户进一步扩充软件功能的可能性，用户可以扩充一些软件原本不具备的后处理功能或是将一些重复性的工作自动化。
- XFtdt脚本使用的语言是 QtScript，是语法类似Java，用户依照 ECMAScript 规范撰写，用户可以在以下网站取得参考信息：
 - 关于QtScript : <http://qt-project.org/doc/qt-4.8/ecmascript.html>.
 - 关于 ECMAScript 规范: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>.
- 用户也可以透过Help菜单打开软件自带的说明文件做参考。
- 用户可以在XFtdt安装文件夹内的scripts文件夹内找到软件自带的各种脚本做参考。
- 本教材的重点在软件操作和建模，脚本撰写和一般代码撰写编程工作相同，故不再赘述，用户可以参考上述信息撰写脚本，需要协助时可以联系代理。

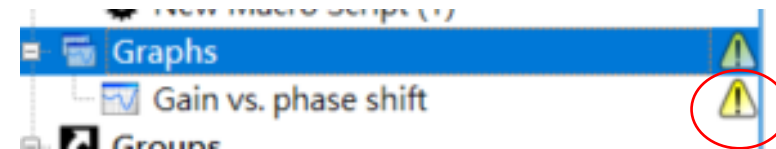
Graphs 节点



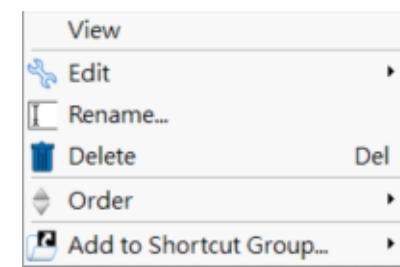
- Graphs 节点会用树状图的方式把用户绘制的各种输出数据曲线图列在这里。
- 图形相关的各种操作在后续章节详述。



- 用户绘制一张新图后，在Graphs节点列表就会同时增加这张图。



- XFDTD的各种曲线图 (Graph) 物件是类似数据容器 (container)的概念，而不是单纯的点阵图。
- 用户鼠标双击或用右键菜单打开时，Graphs物件会去读取数据再依照用户的设置呈现出来。
- 如果对应的数据有缺失，就会报错提供用户。

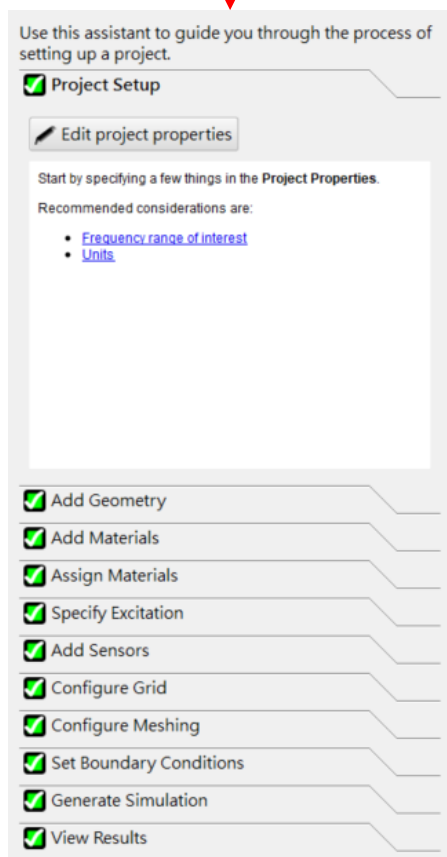


- Graphs的右键菜单。

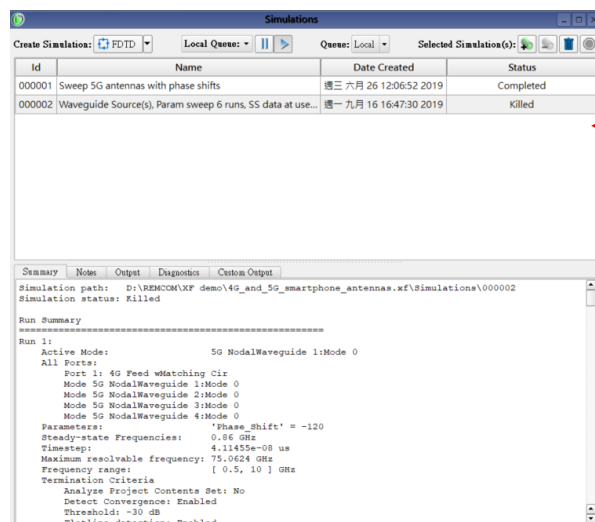
右侧快捷键列

- 主窗口右侧的快捷键可以打开一系列功能子窗口。

- 用Assistant按键打开帮手。

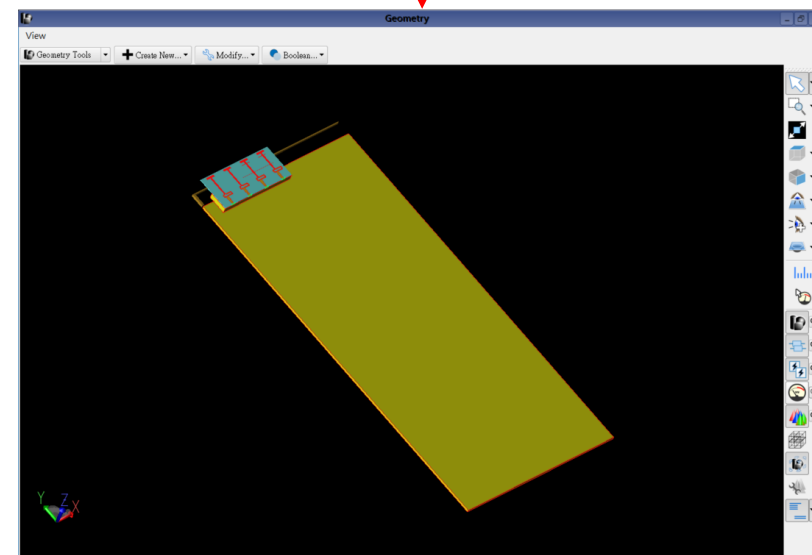


- 用Simulations按键打开仿真控制窗口。

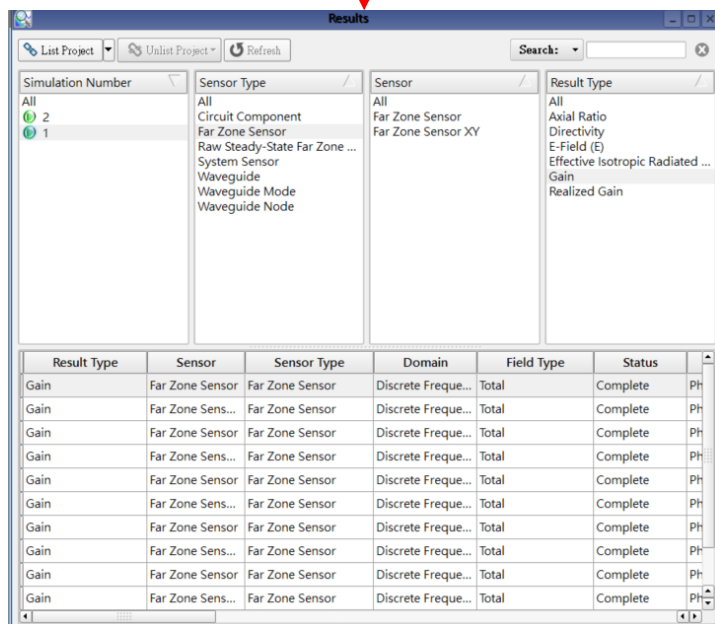


- X 按键可以关闭对应的子窗口。

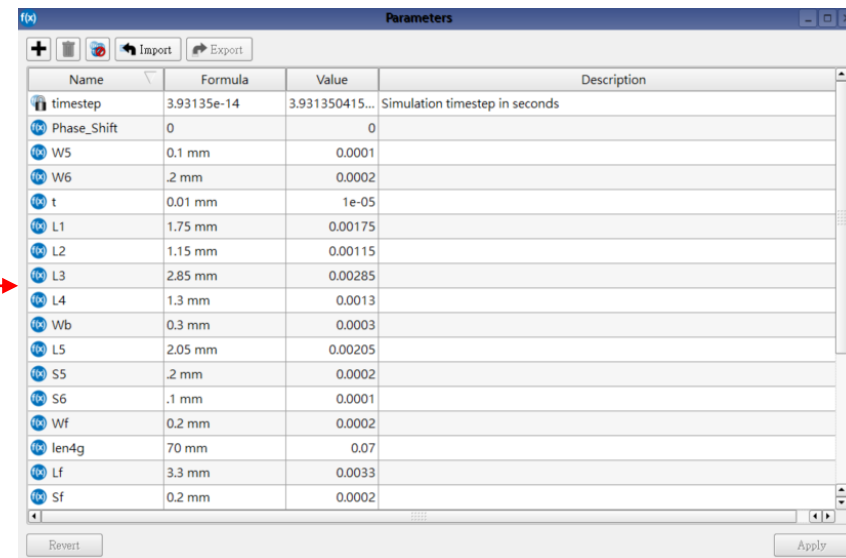
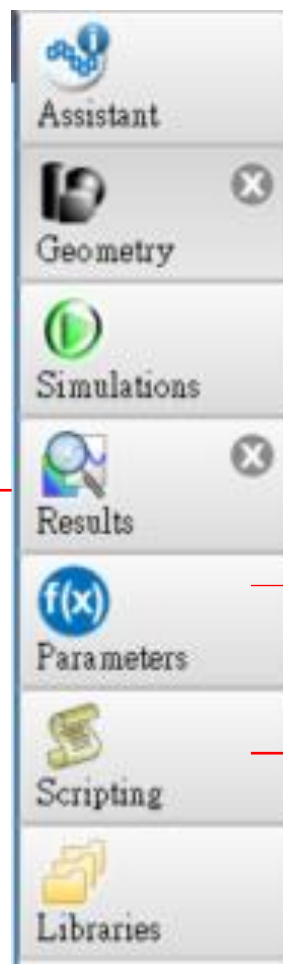
- 用Geometry按键打开几何模型编辑窗口。



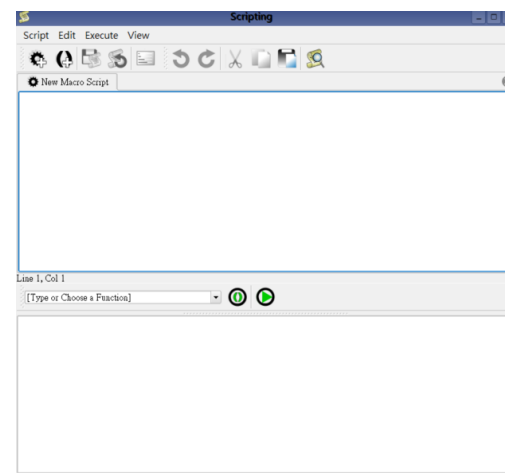
右侧快捷键列



- 用Results按钮打开仿真输出窗口。

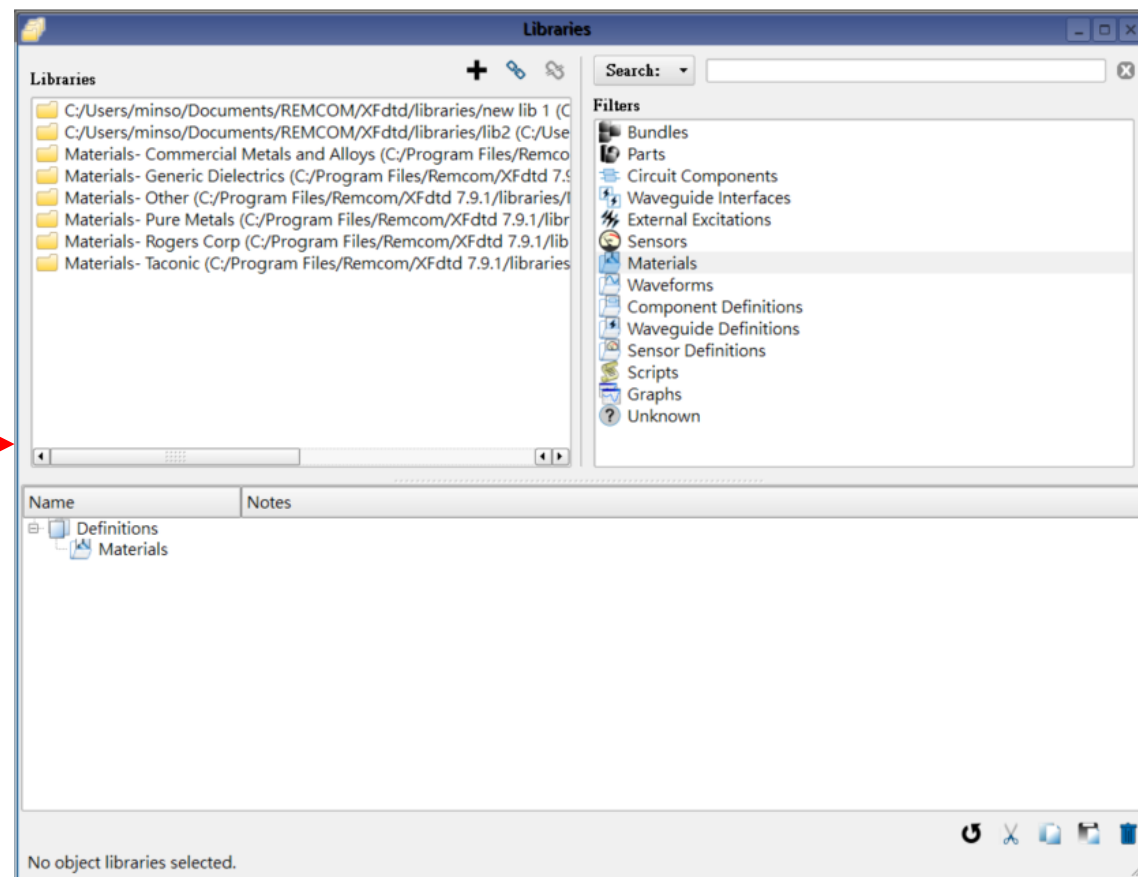
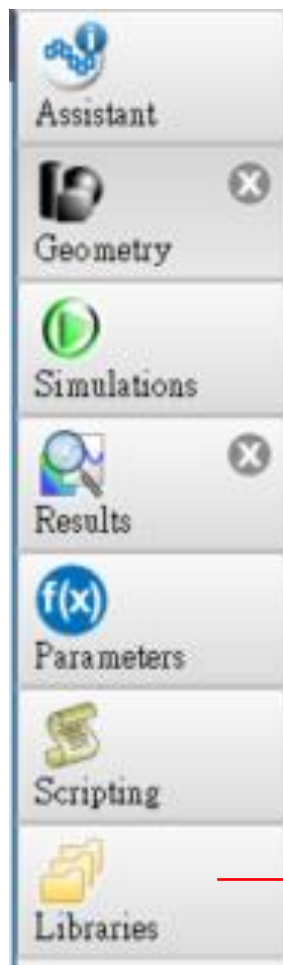


- 用Parameters按钮打开参数列表窗口。



- 用Scripting按钮打开脚本编程窗口。

右侧快捷键列



- 用Libraries按键打开数据库窗口。

Simulations 子窗口

- Simulation 子窗口可以用来建立以及管理仿真工作，用户完成建模后可以到这边来规划和执行仿真。。

- 用户可以选择要执行哪一种仿真或后处理，并且指定仿真要使用的硬件资源。

- 用户也可以在这个窗口检视仿真过程XFDTD的反馈，或是中断一个执行中的仿真。

- 细节于后续章节详述。

- 选择要进行的仿真或后处理。

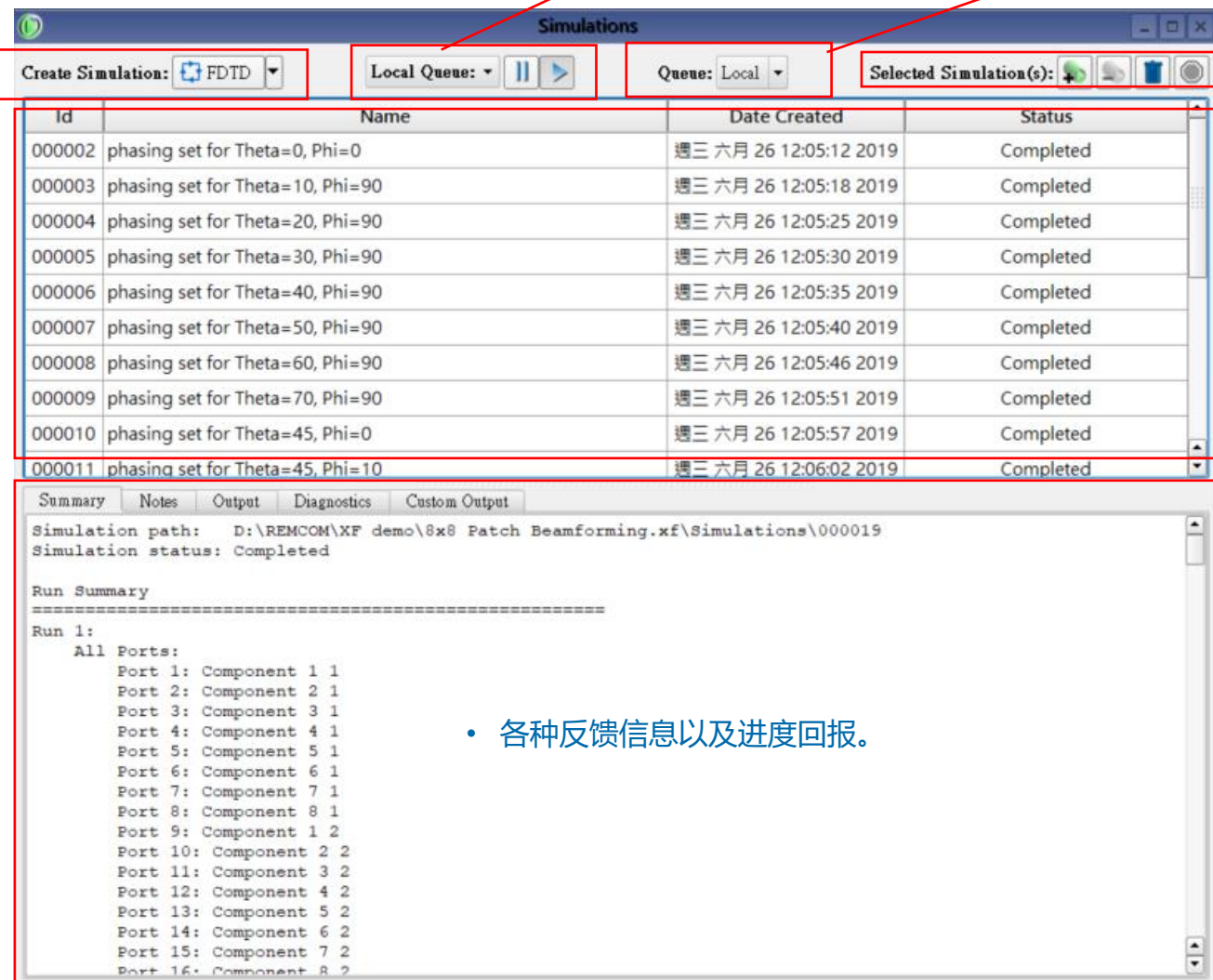
- 选择与设置要使用的硬件资源，如GPU或CPU核心数

- 选择在远端的服务器或本地执行仿真。

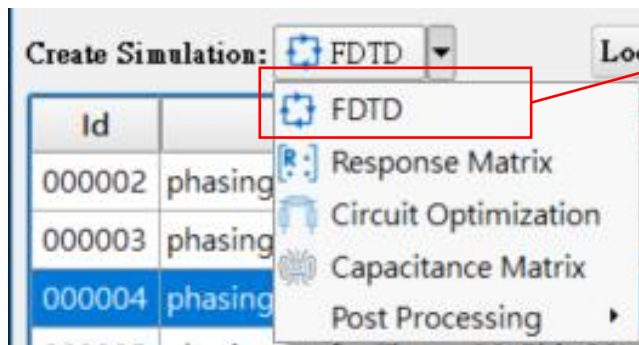
- 执行，排队，删除以及停止序列中的仿真。

- 已经完成的仿真，执行中的仿真，正在排队的仿真等仿真工作列表。

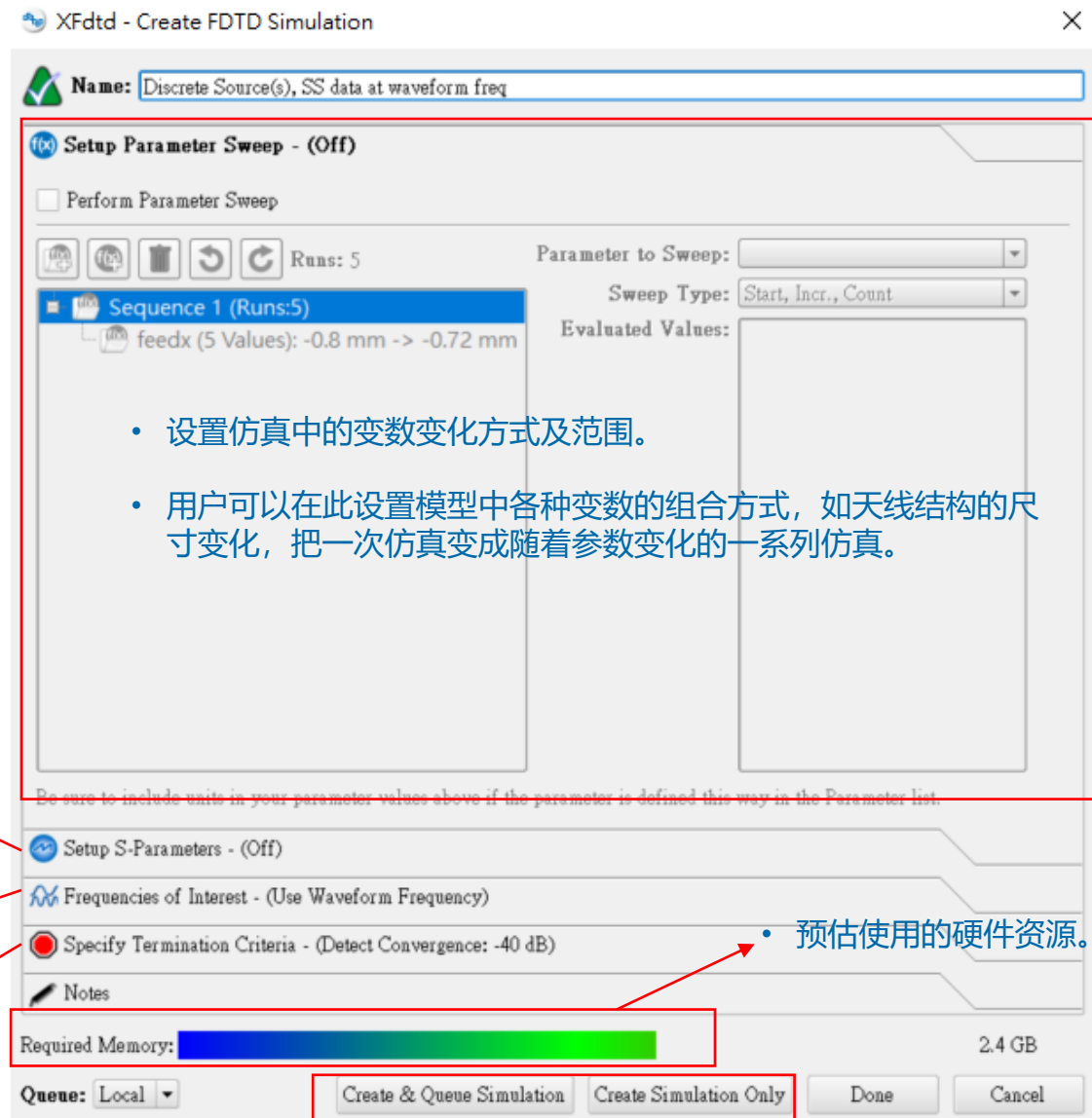
- 各种反馈信息以及进度回报。



Simulations 子窗口



- 从Create Simulations 菜单中选择要执行的工作。
- FDTD选项即为使用XFtdt的FDTD引擎进行全波仿真，求得S参数，辐射场形等仿真输出。
- 其他选项包含匹配电路优化以及辐射场形叠合等后处理，

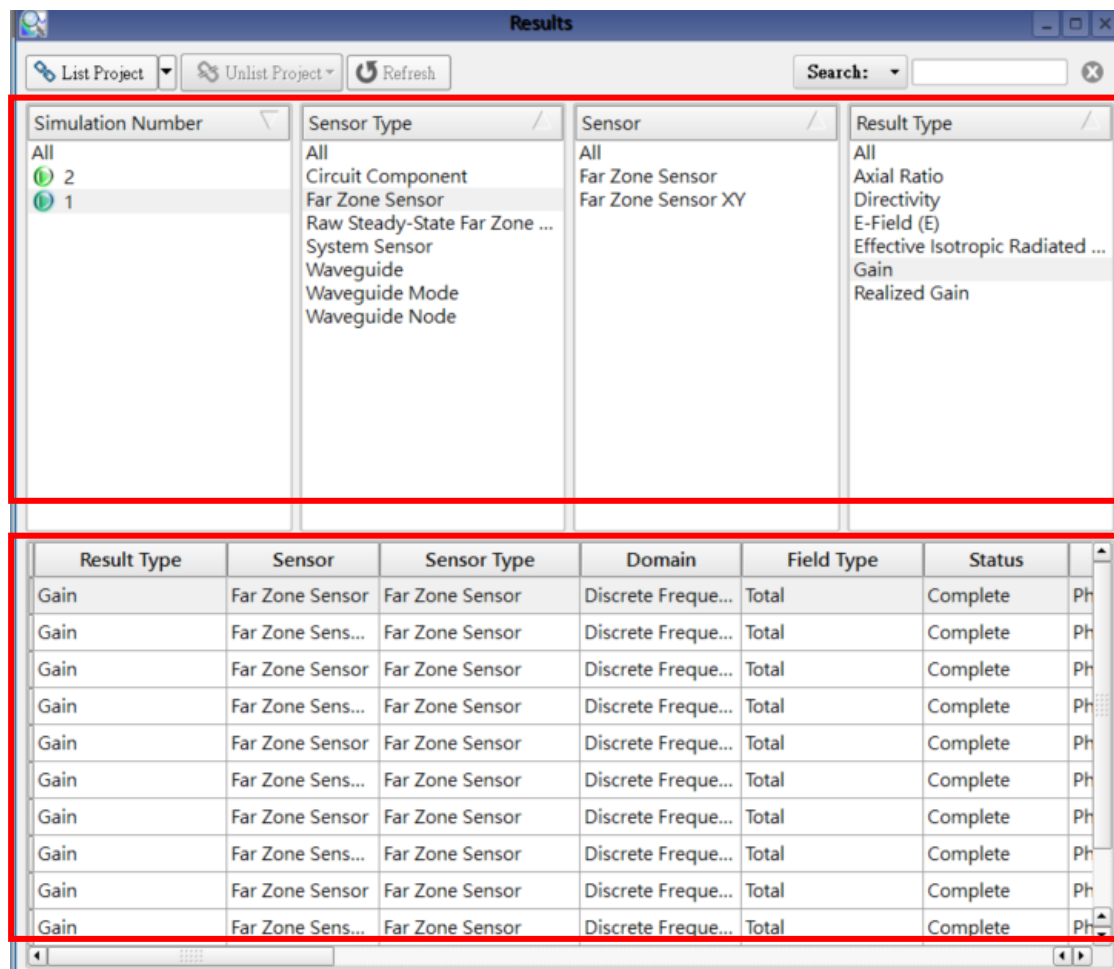


- S参数计算设置。
- 指定全波仿真频段中要求得稳态输出的频点。
- 设置收敛条件。
- 预估使用的硬件资源。

- 将仿真直接开始执行或排入序列。

Results 子窗口

- Results子窗口会表列出工程中每一次仿真的输出，用户可以在此搜寻仿真结果并可视化，细节后述。



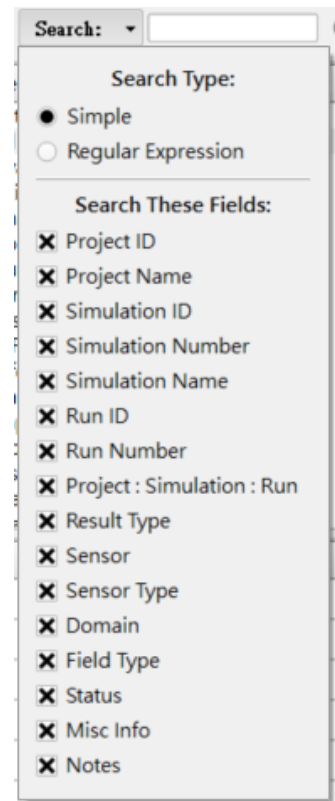
• 提供四个属性筛选栏位，用户可以自定义要使用的属性。

• 透过这四个栏位的筛选，符合条件的输出数据会在下方列出。

• 列出符合条件的输出数据。

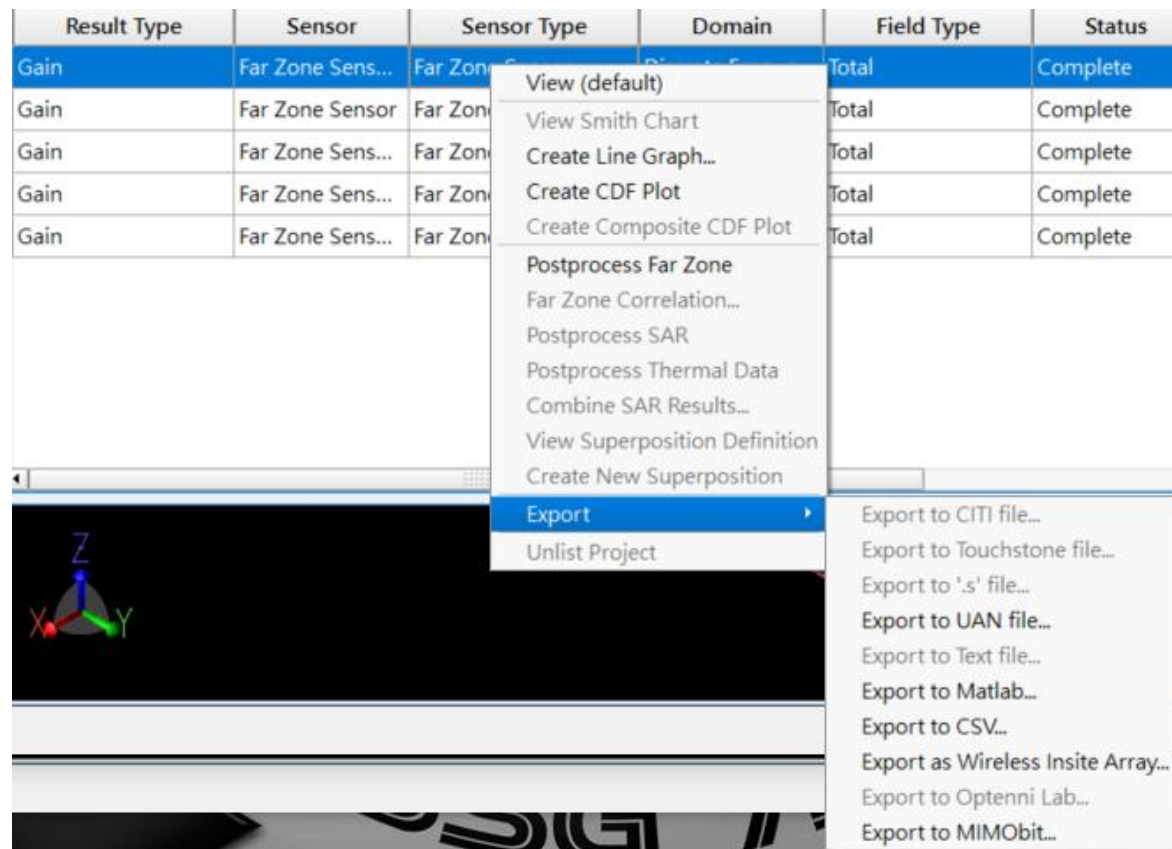
• 用户可以在此区域选择要绘图，可视化或作其他后处理操作的仿真输出。

• 用户可以从右键菜单选择想进行的操作，不同的输出可能有不同选项。

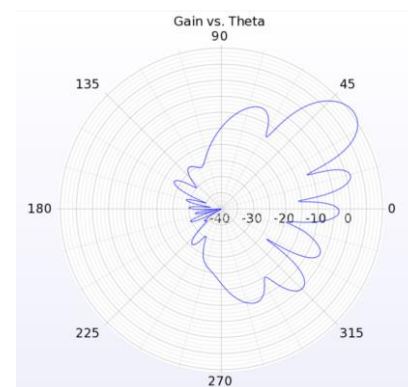


- 用户可以使用窗口右上角的搜寻栏位来找到特定数据。
- 可以自定义要搜寻的范围和属性

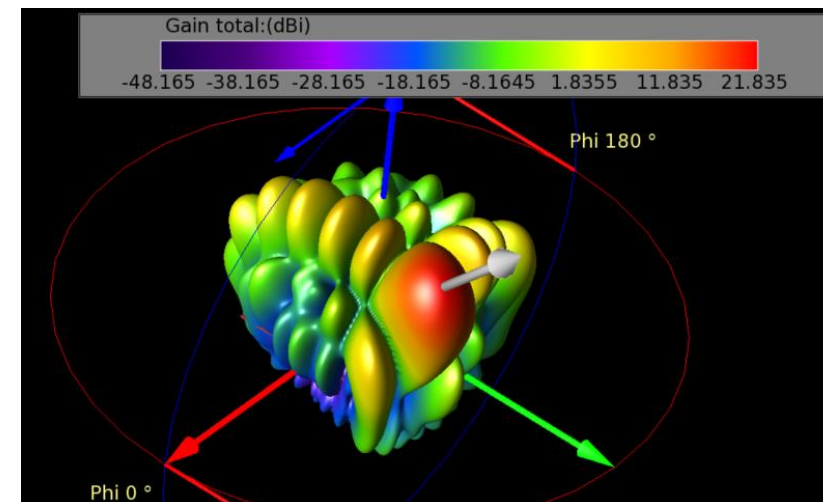
Results 子窗口



- 用户可以透过右键菜单选择视觉化或导出仿真结果，或鼠标双击用默认方式检视。



- 绘制曲线图。



- 绘制各种三维场形图。



- 以XFtdt支持的格式导出。

参数集 (Parameters)

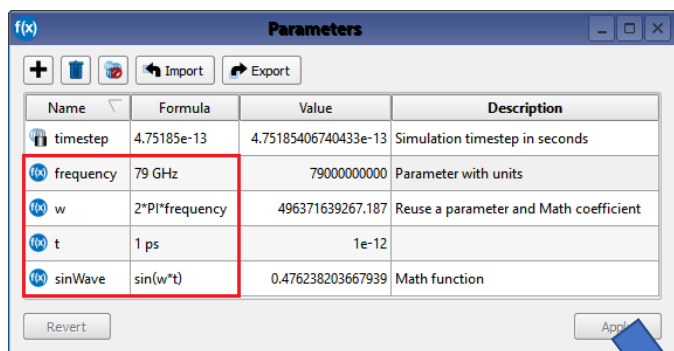
- 变数名称。
- 变数公式。
- 变数默认值/初始值。
- 变数相关说明。

Name	Formula	Value	Description
timestep	1.94394e-14	1.943940300...	Simulation timestep in seconds
phase41	0.00	0	
phase42	-127.27	-127.27	
phase43	105.44	105.44	
phase44	-21.83	-21.83	
Lc	wl/4	0.002678571...	
phase45	-149.11	-149.11	
phase46	83.60	83.6	
cpw	90	90	
phase47	-43.67	-43.67	
phase48	-170.95	-170.95	
Lm	0.6269 mm	0.0006269	
phase11	0.00	0	
phase12	-127.27	-127.27	
phase13	105.44	105.44	
phase14	-21.83	-21.83	
phase15	-149.11	-149.11	
phase16	83.60	83.6	
phase17	-43.67	-43.67	
phase18	-170.95	-170.95	

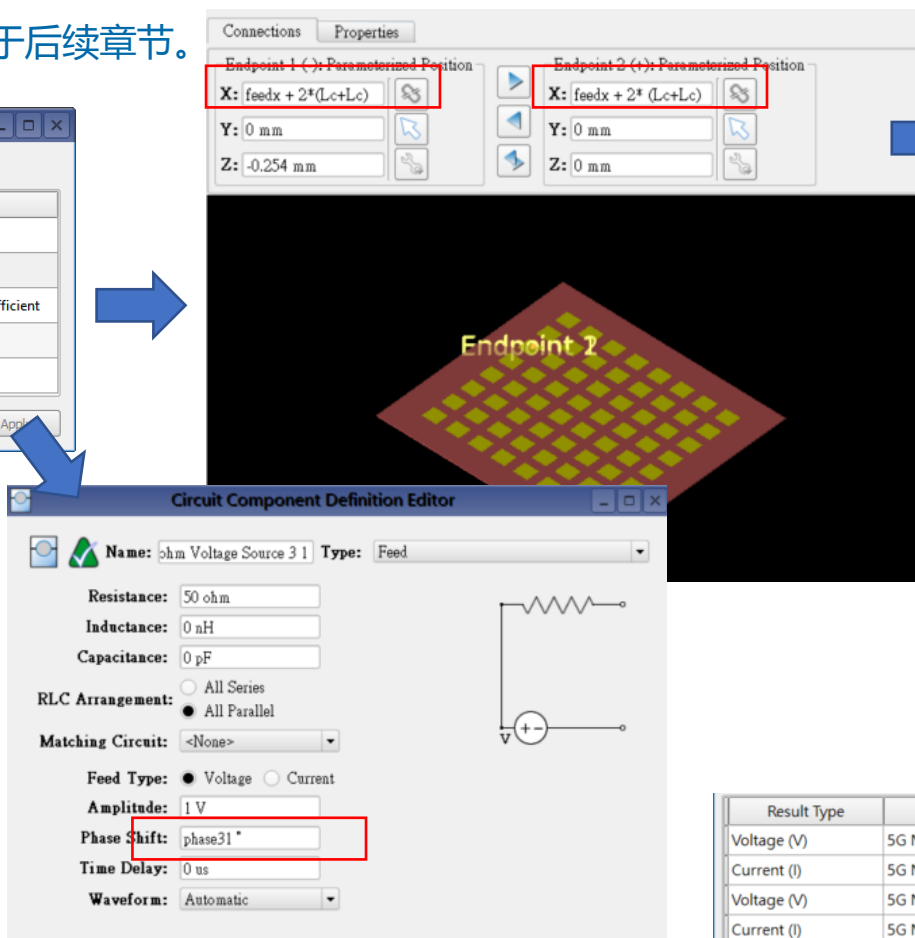
- 用户可以打开 parameters 子窗口，在这边设置各种用于模型中的变数。
- XFDTD的模型中必有一个变数叫 timestep (时步)，这个变数由 XFDTD自行基于频率等仿真条件自行控制，用户不能自行更改。
- 用户可以设置任意数量的变数在模型中以及脚本中使用，一次仿真要使用多少变数，模型有多复杂，用户可以自己控制。

参数集 (Parameters)

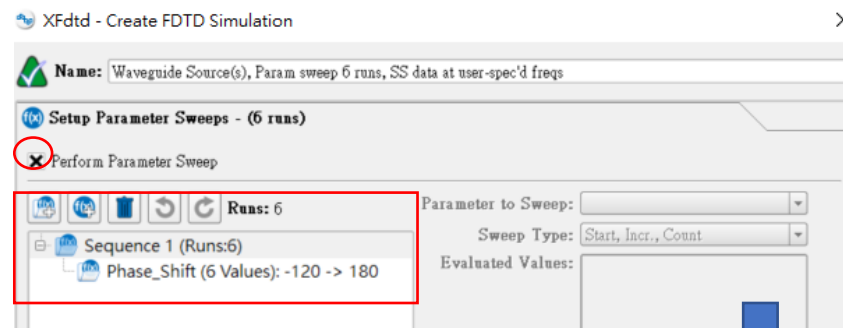
- 参数化仿真操作流程概述，详情见于后续章节。



- 在符合XFtdt的名称以及公式规范条件内设置参数。
- Formula栏位可以是一个数值或是一个函数。
- 变数可以被用在模型和脚本里。



- 将变数填写在模型中的相关栏位，有单位的话空一格填写如长度，频率等单位。



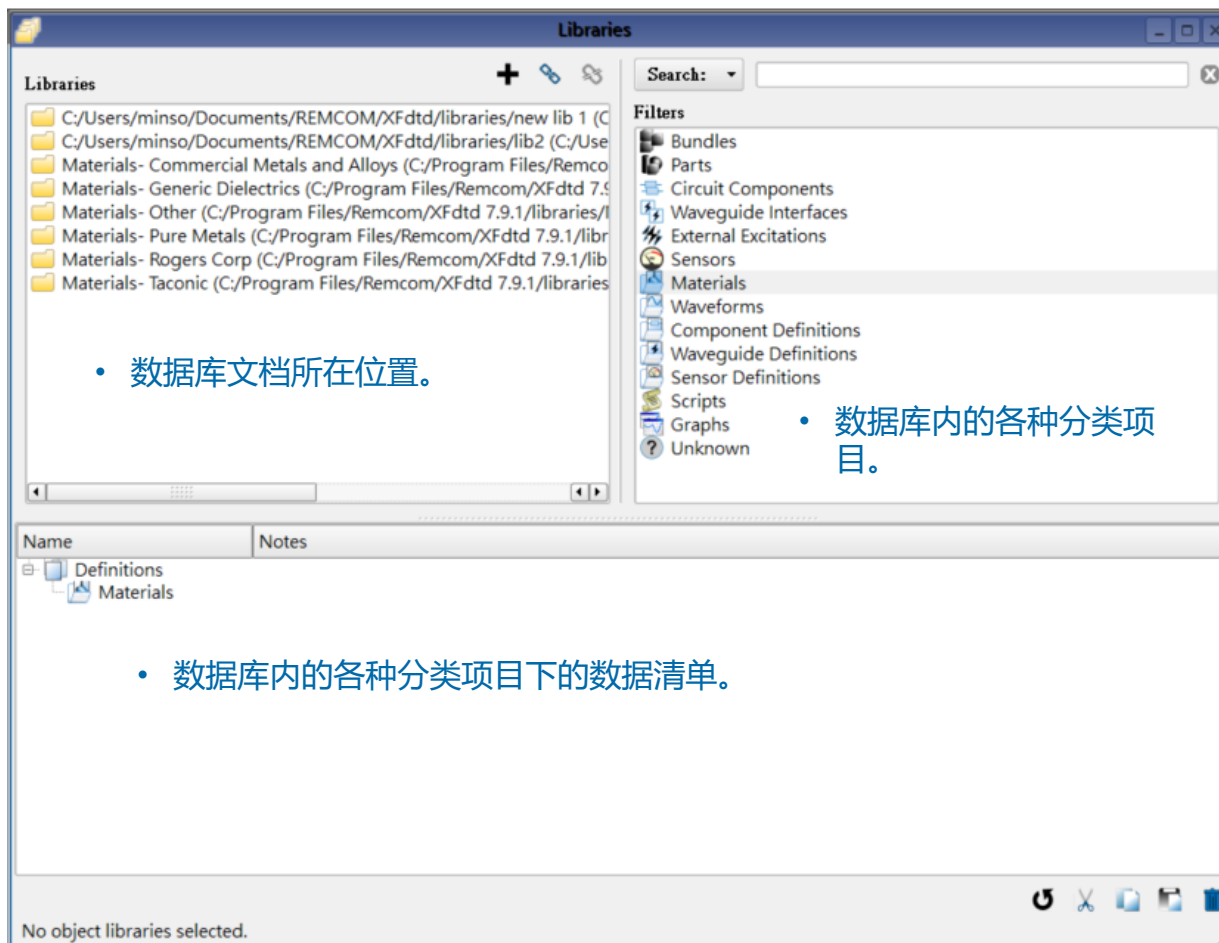
- 在设置仿真的simulations窗口，勾选 Perform Parameters Sweep。
- 选择要使用的变数以及设置变化的范围和方式。
- 可以选用多个变数混搭，进行复杂的参数探索。
- 完成相关设置后进行仿真。

Result Type	Sensor	Sensor Type	Domain	Field Type	Status	
Voltage (V)	5G NodalWav...	Waveguide Node	Time	N/A	Complete	Phase_Shift = -120
Current (I)	5G NodalWav...	Waveguide Node	Time	N/A	Complete	Phase_Shift = -120
Voltage (V)	5G NodalWav...	Waveguide Node	Discrete Freque...	N/A	Complete	Phase_Shift = -120
Current (I)	5G NodalWav...	Waveguide Node	Discrete Freque...	N/A	Complete	Phase_Shift = -120
Voltage (V)	5G NodalWav...	Waveguide Node	Time	N/A	Complete	Phase_Shift = -120

- 在输出窗口会有输出对应的参数标记，便于识别。

数据库 (Libraries)

- XFtdt有一个数据库，除了自带的常用工业材料数据之外，用户也可以自行扩充器件，零件，脚本，图形格式等项目，并在区域网路内分享。



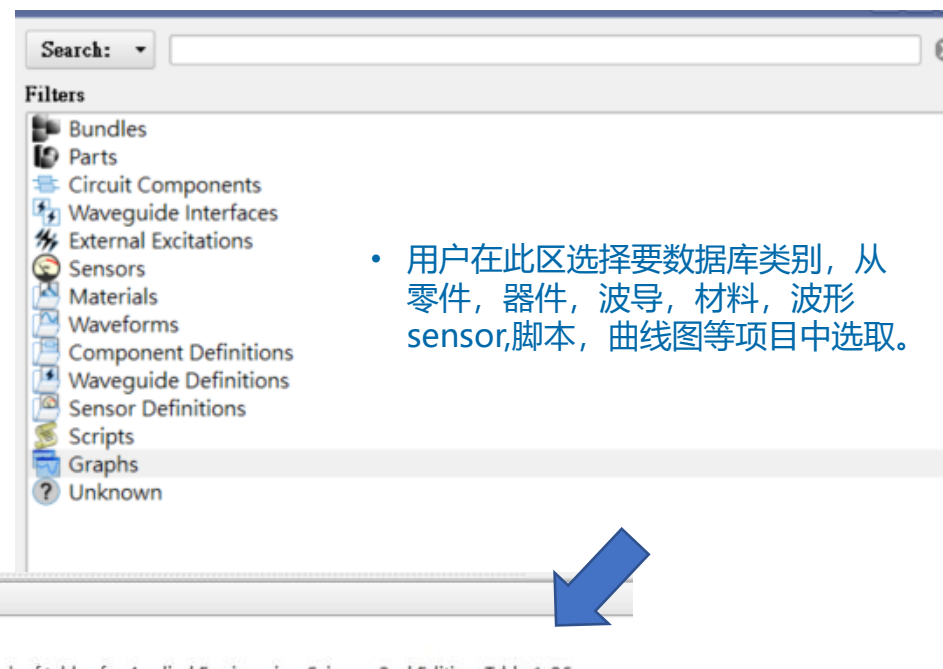
- XFtdt自带的数据库除了原本的材料数据之外，用户也可以自行扩充。
- 用户先在左上方窗口选择要检视的数据库，如软件自带的Materials-Generic Dielectrics.
- 选择数据库之后在右上方的窗口选择类别，如Materials.
- 选择数据库和类别后在窗口下方的数据清单栏位就会出现数据库中存在的资料，用户可以依照需要选用。

数据库 (Libraries)

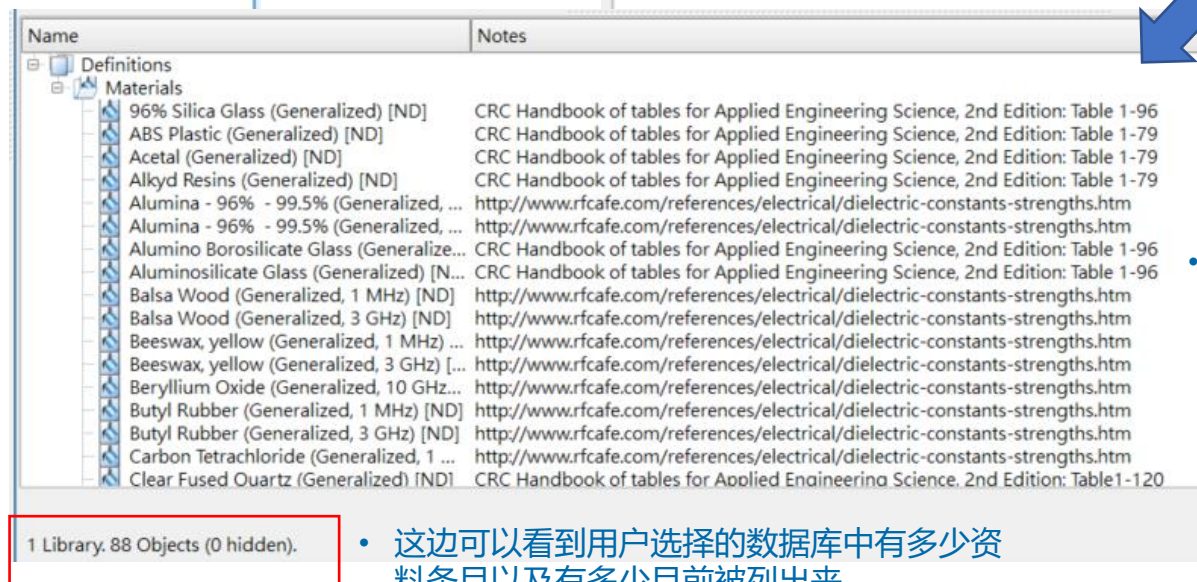
- 新增, 链接或删除数据库。



- 用户在此区选择要运用的数据库, 图中红框内的是软件自带的数据库, 内含常见工业材料。



- 用户在此区选择要数据库类别, 从零件, 器件, 波导, 材料, 波形 sensor,脚本, 曲线图等项目中选取。



- 用户选定数据库类别后, 在Libraries窗口下半部的区域会将所选项目中的资料条目列出, 用户可以在这个区域操作选用。

- 这边可以看到用户选择的数据库中有多少资料条目以及有多少目前被列出来。

数据库 (Libraries)

- 从数据库带入资料到模型中的操作。

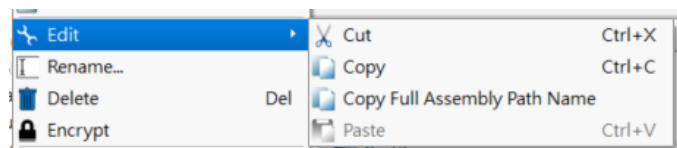
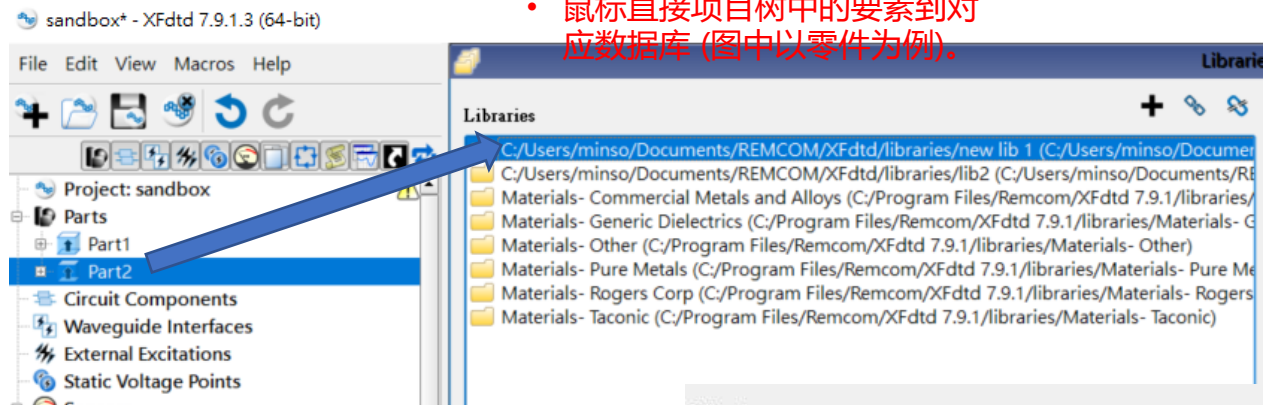
The screenshot displays the software's 'Materials' library and a project tree. A blue arrow points from the 'Materials' library to the 'Definitions' project tree, indicating the process of adding materials. A red box highlights the 'Copy' option in the right-click context menu. Another red box highlights the 'Paste' option in the same menu. A third red box highlights the 'Definitions' project tree, showing the materials being added.

- 在数据库选择一个或多个条目，打开右键菜单选Copy, 接着在项目树中对应区域打开右键菜单选paste把条目加入项目中。
- 鼠标直接拖动到项目树中对应的区域。
- 带入的资料不一定立刻能用，可能要调整一些设置。

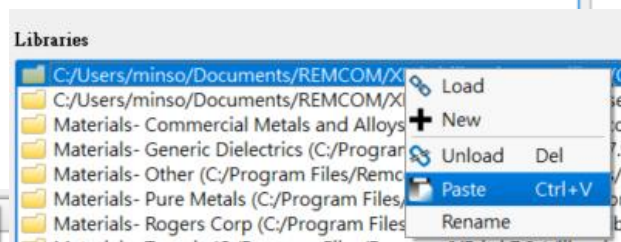
数据库 (Libraries)

- 从数从模型带入数据库的操作。

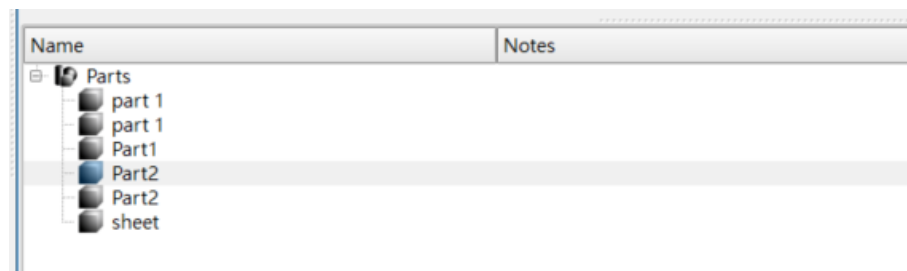
- 鼠标直接项目树中的要素到对应数据库 (图中以零件为例)。



- 在项目树中选择要素，在右键菜单单选Copy。

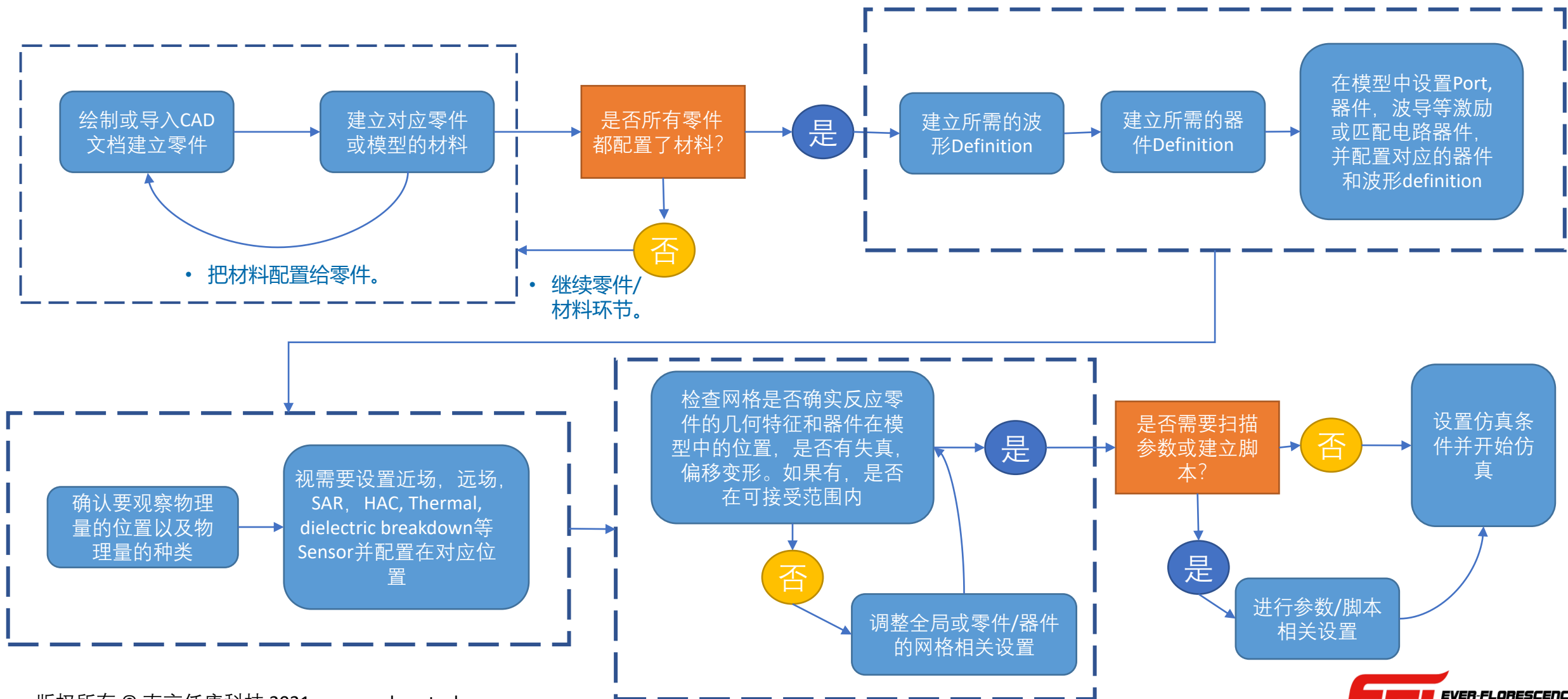


- 在对应的数据库中打开右键菜单单选Paste，将要素加入数据库。



- 完成后可以看到新加入数据库的条目，图中为零件。

设计模型的参考流程



一些心得

- 各种仿真软件都发展自独特的技术路线，基于这些不同的技术路线发展的仿真软件在界面设计以及建模流程上都不尽相同，不同软件就像不一样的车，有不同的工作模式和术语，因此用户在接触一套新的仿真软件的时候，可以暂时先放下一些习惯和认知，先去了解和融入目前操作的软件的设计思路，便于比较快进入状况。
- XFDTD是基于时域有限差分法(FDTD)的仿真软件，计算实质上是在网格上进行，用户绘制或导入的零件是建立网格的参考依据，所以网格是否如实的描述模型会很直接的影响到仿真结果，反过来说，如果仿真结果不理想，先检查网格是不是失真也是个很好的方向。
- 几何模型如果过度简化会让用户失去调整模型的弹性，有的用户喜欢把大量同材料的零件结合成一个大零件然后导入XFDTD，甚至有时候会把一个原本有上千个零件的模型简化成不到十个零件，这样虽然看似简单，但是会导致模型无法微调，在需要调整一些局部区域或特定零件的网格设置来改善仿真结果时(如调整天线或一些导线的网格设置)，由于个别零件已经被吸收进大零件里面了，失去独立性，无法独立调整目标零件的网格，只要调整网格设置就几乎等同整个模型大量增加网格数，或是顾此失彼，设置互相冲突，反而会非常不方便，因此至少要在天线，激励(port,waveguide)还有关键的导体附近维持足够的分件，这样在调整和优化模型的时候才有抓手。
- 当建模需要在网格或硬件资源使用上有取舍的时候，建议用户优先维持天线和天线附近结构的精确度，尽量避免激励(port)偏移或倾斜，在网格上有竞争的时候，优先考虑导体在网格上的完整和尽可能精确。

一些心得

- 新用户刚开始的时候可以先建一个简单的模型(类似教程案例的只有天线和基板的模型)来上手，熟悉后在逐渐增加复杂度，或是把目标模型的CAD文档导入。
- XFtdt的绘图功能可以绘制很复杂的3D模型，不过在建立完整的产品模型时还是建议考虑以导入的CAD文档为主，用户使用XFtdt的绘图功能做辅助和补充。
- 导入CAD文档时记得要勾选Heal功能，XFtdt会做一些前处理修正模型，让零件适合仿真使用，毕竟机构或工业设计团队制图的考量可能着重外观和制造，不一定会考虑到仿真使用，也有可能需要请结构团队对特定零件做编辑再发过来的时候。
- 如果一下子手头上没有完整的材料参数，可以现在XFtdt的数据库找合适或接近的用，比方说工业用的铜材料有很多种，用户不一定知道自己目标模型用的是哪一种铜材料或是精确的材料参数，可以先找一个接近的，让模型和仿真跑起来，后面再慢慢改善。

一些心得

- 用户可以先放下**内存用量**的迷思，不要被理论上的主板内存或GPU显存用量吓到，**内存/显存用量大不必然等于仿真时间很长**大胆的使用XFDTD的**ProGrid Project Optimized Gridding**功能，让XFDTD自动依照频率，材料特性，零件几何特征剖分出一个至少可以运作，较大概率跑出合理结果的自适应网格(adaptive mesh)。
 - 现在的模型和天线设计都越来越复杂，形状变化很多，用户用固定大小的立方体网格手动剖分难以建立能偶确实描述模型的网格，虽然可能看似节省内存，但结果可能导致网格严重失真，仿真反而跑不出结果或是结果误差很大，**为了节省内存或GPU显存，短时间跑出不精确或不正确的结果，或者用的显存/内存看似很少但是却跑很长时间然后发散了都不是理想的设置**，在硬件资源足够的情况下，可以大胆一点使用。
 - FDTD的计算收敛意味着能量透过边界发散到外面去，离开系统了，严重失真的网格可能导致电场发展被阻断，能量传播不出去，计算反而会在很长时间之后发散掉。
 - 由于**手动剖分固定大小的网格很难在结构细节等较为微观的地方面面俱到，而自动剖分网格功能比较不会顾此失彼**，所以笔者经常看到新用户手动剖分网格看似使用不到100MB GPU 显存，但是**网格失真了，反而在数小时的计算后发散掉了没有得到有意义的结果，反而用自动剖分功能虽然看似GPU显存用量较多，有时可能一倍以上甚至更多，但却因为网格足够精确描述模型特性，反而在很短或相对短的时间收敛，跑出合理结果，笔者看过数小时对几分钟的案例。**

一些心得

- 同时有多张不同的CUDA兼容GPU的时候，CUDA驱动不一定会把性能最好最高端的GPU排在最前面，而XFDTD会挑排最前面的先用，所以用户要注意相关设置，避免高端GPU闲置的情况。
- 并不是所有的计算都是用GPU在做，像是SAR等类似统计的计算则是CPU在做，可以视为后处理，如果CPU核心数较少或是主板内存/硬盘效能较差，有可能在这个环节耗费大量时间。
- 仿真不一定会一次到位得到令人满意的结果，原因可能很多，用户可以先以得到合理的指示性结果比方说接近的谐振频点，或是合理的场形趋势为目的建模和仿真，先求有再求好，然后再进一步的从物理和网格的角度切入，优化模型改善输出，随着经验累积对软件也更了解，用户建模会更顺利。
- 给模型除错/优化的时候可以先考虑从网格切入，然后考虑材料设置是否正确描述材料在(频点/频段)特性这个顺序。

一些心得

- XFDTD会提供许多仿真输出，如果用户想看的输出不在提供范围内，可以先考虑看有相同指示性的物理量是否趋势相同，需要更进一步的数据可以考虑导出数据作手动后处理或写脚本来扩充功能。
- 合理的仿真结果已经具有明确指示性的情况下，用户可以自己考虑要修改/微调模型以及投入更多硬件资源和计算时间来提高精确度到什么程度，并不一定要和量测值吻合到几乎没有误差，反过来说，用于量测的样品以及量产品本身也会存在公差，制造用的工业材料也不是理想均质的，所以即便量测过程和设备没有问题，原本实务上这些数据就会存在浮动，因此用户可以基于实际的需求来考虑要做到什么程度，所以在某种意义上，精确度其实是用户决定的。
- 增加GPU等硬件资源会提高计算效能，但不见得是线性提升，一些用于游戏光影渲染的功能不见得对仿真有用，用户在扩充/升级硬件资源时，可以先考虑GPU的显存够用，CPU核心数(对SAR等候处理有影响)以及用固态硬盘提高文档写入效能等方向。

Next Chapter

- 下一章节：Geometry 建模

联系方式

微信公众号：Remcom仿真仿真世界



QQ群：REMCOM仿真软件信息

QQ群号：439531441

Wechat ID : CAEsoftware0822

手机号

+ 86 18411033831 李先生

+ 86 13524674000 马小姐