






# 1. 数据类型

Available data types

Data type	Icon	Description
String		Text
Matrix		Single value, array, or matrix of numbers
Cell		Numbered array of elements
Struct		Labelled array of elements
Dataset (matrix, rectilinear, unstructured)		Packaged data

Results are commonly returned in the following types

- Strings
  - Eg. monitor name
- Matrices
  - Eg. x span of a monitor
- Matrix datasets
  - Eg. transmission as a function of frequency
- Rectilinear spatial datasets
  - Eg. refractive index profile as a function of space

## 2. 数据集 (datasets)

### 2.1 结构

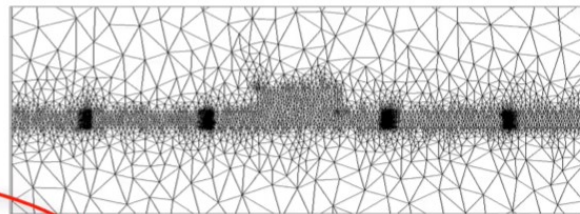
数据集是最常用的数据返回方式。其构成如下：

Datasets contain:

- Attributes: Measured data, main result of interest
- Parameters: Parameters associated with the attributes

Dataset types hold different forms of data

- Matrix
  - Attributes are not related to position
- Rectilinear spatial
  - Attributes measured on a rectangular mesh
  - Parameters include x, y, z vectors
- Unstructured spatial
  - Attributes measured on a finite-element mesh
  - Parameters include x, y, z vectors and connectivity matrix



Finite-element mesh



FDTD100

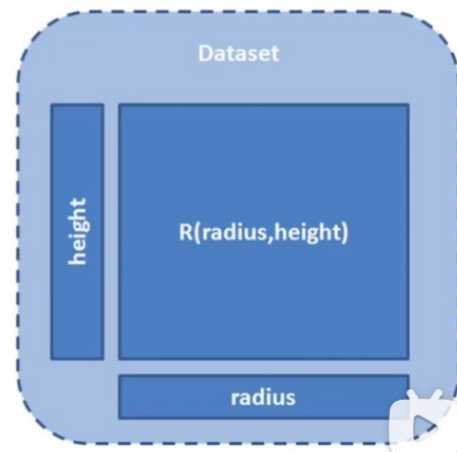
*edu.lumerical*

## 2.2 数据集举例

Reflection is measured for a range of particle height and radius

Dataset contains 3 matrix variables

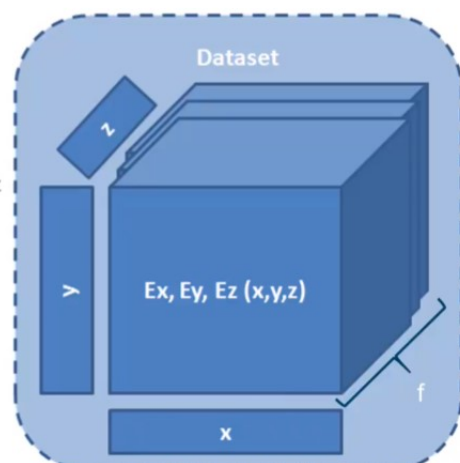
- Attributes: R
  - R contains a 2D matrix of reflection values
- Parameters: height, radius
  - height contains a 1D matrix of height values
  - radius contains a 1D matrix of radius values



Electric field data returned by a frequency-domain monitor

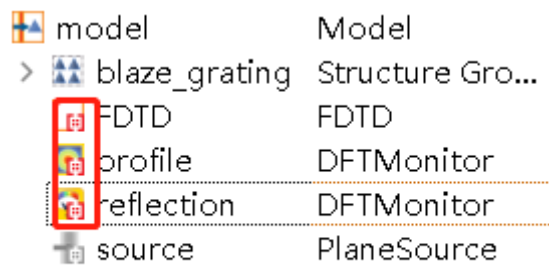
Dataset is formed from 8 matrix variables

- Attributes: E
  - E contains 3 4D matrices containing the field components Ex, Ey, Ez
- Parameters: x, y, z, lambda/f
  - x contains a 1D matrix of x positions
  - y contains a 1D matrix of y positions
  - z contains a 1D matrix of z positions
  - lambda/f contains 2 1D matrix containing the wavelength and frequency values



## 3. 访问数据集

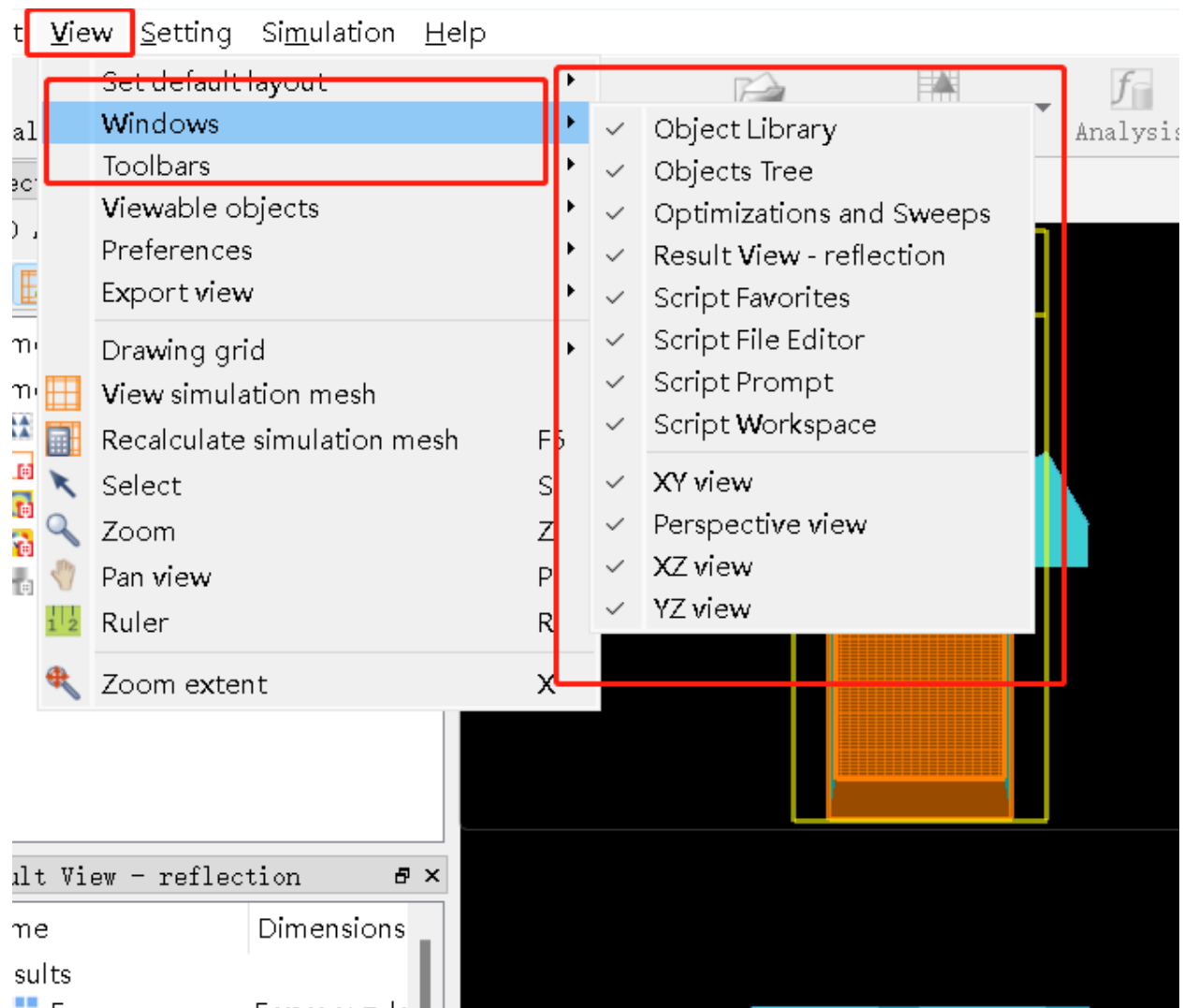
模型运行之后，处于分析状态时，所有包含有可访问数据集的节点都被标注以一个红色的数据集符号：



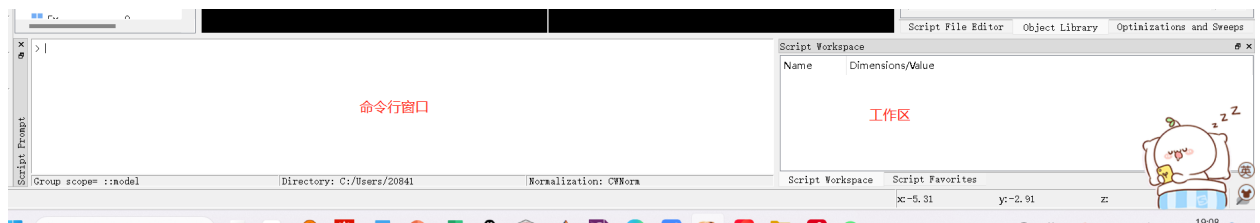
从前面的学习中，我们已经会了如何从各节点中通过 visualize 方式查看计算结果，此处不具。这里介绍如何将数据集发送到 script 工作区并进行后处理的。

### 3.1 script 工作区

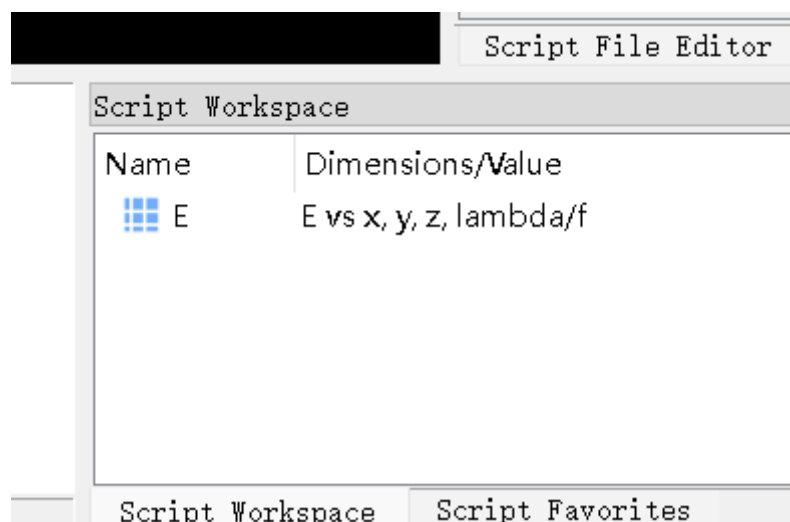
FDTD 工作区所涉及的所有子窗口都可以通过 view - windows 打开和关闭。



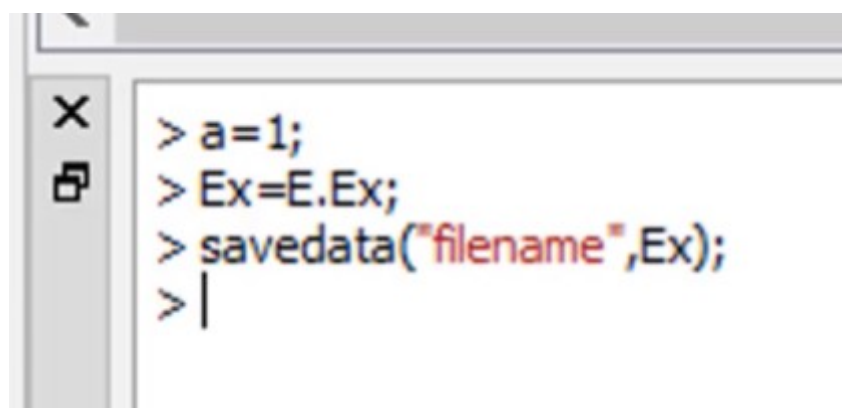
下图即是 FDTD 的 script 工作区：



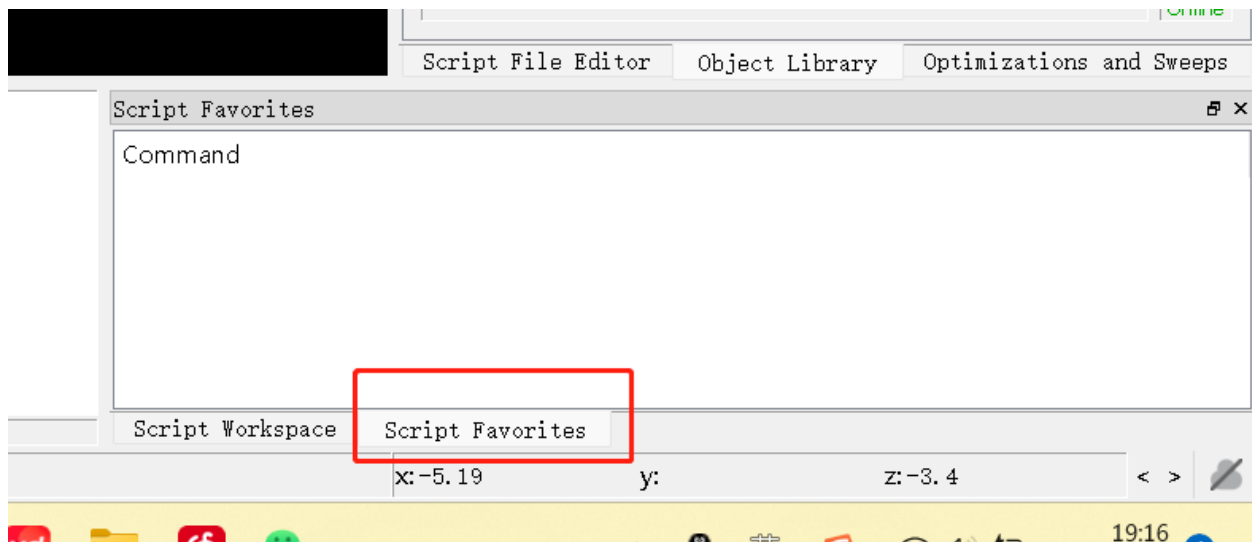
跟MATLAB的布局是很类似的。右键数据集，并选择 send to script 即可把该数据导入 script 的工作区：



加载不同模型的时候，工作区的变量不会被清除，其将一直存在于工作区，知道用户手动删除（方法同MATLAB），或则关闭 FDTD 软件。工作区的数据也不会被保存到文件中，所以如需保存工作区的运算结果，则需要人为地导出数据：



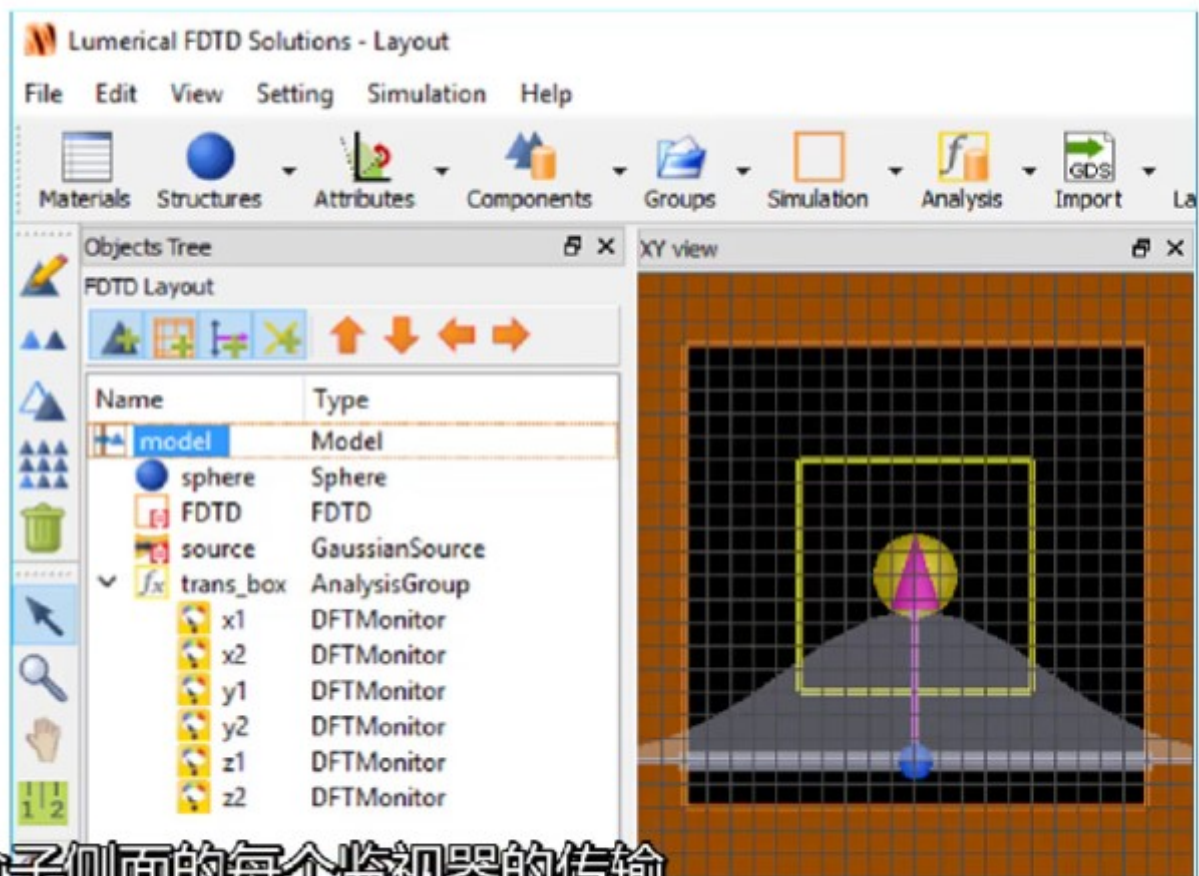
在 script favorites 窗口中可以保存自己常用的命令，右键添加新命令即可：



## 4. 组

### 4.1 分析组

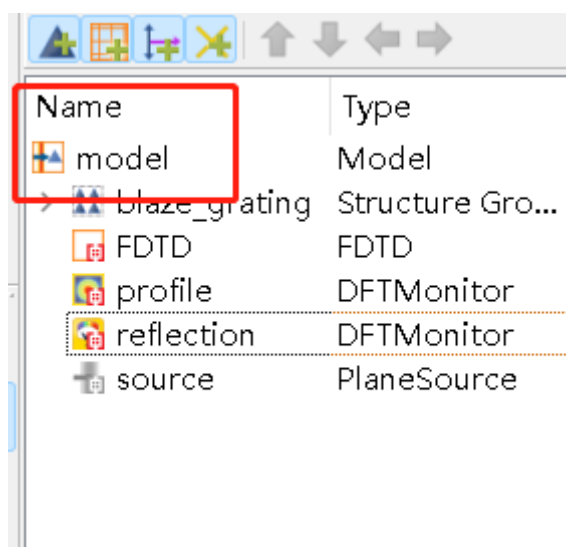
分析组可以包含结构、光源、monitor等子类，其作用是基于其包括的子类的计算结果进行后处理，以得到用户想要的运算结果。下图即是一个分析组：



盒子侧面的每个监视器的传输

uch each of the monitors that make up the sides of the box

其作用是对Box六个面的能量输入输出进行检测，加和之后得到整个Box能量输入输出情况。对象树最顶上的 **model** 即是一个分析组：

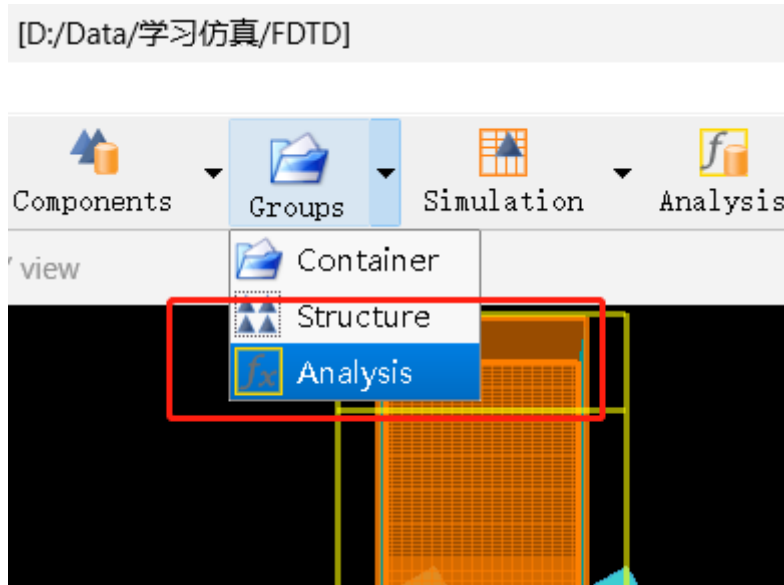


分析组中包含多个子类，如上图。可以在分析组的 setup 脚本中对这些子类的属性进行设置。并在 Analysis 脚本中



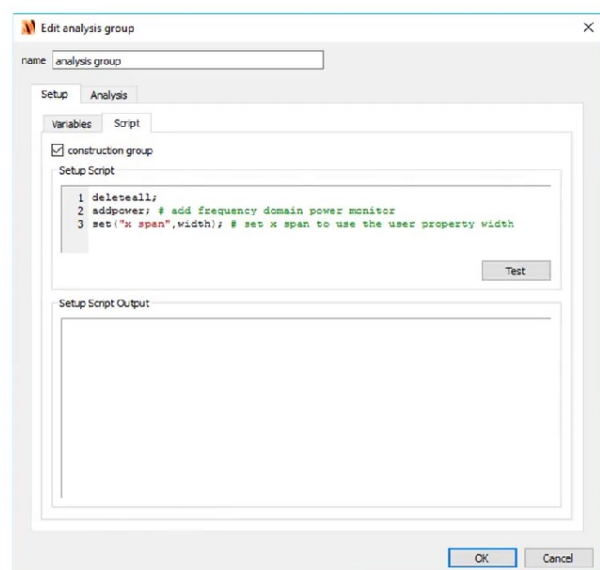
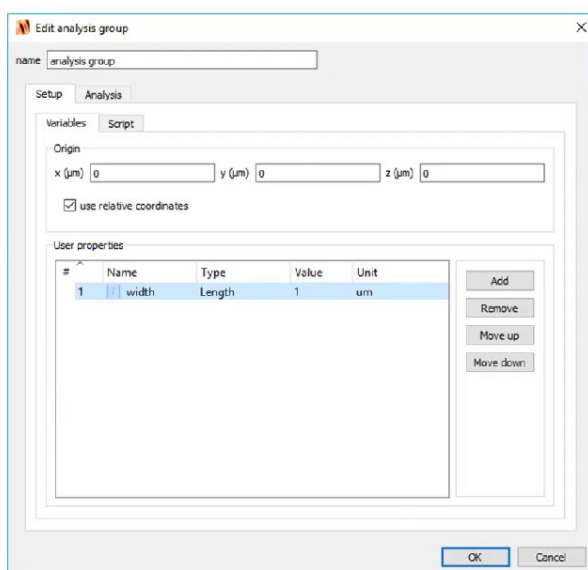
对这些子类的运算结果进行分析，并输出用户想要的结果。

在 group 中添加空的分析组：



- setup 选项

可以在设置中新建属性并对其进行设置。这些自定义属性可以在 script 中进行使用。



script 选项中可以删除分析组中的对象及其属性。



- Analysis 选项

在变量栏中，可以设置运算中所需要涉及到的变量，其下方可以设置输出结果的变量名。

在脚本栏中，可以对分析组子类的运行结果进行后处理，以得到目标结果。

## 4.2 其他组

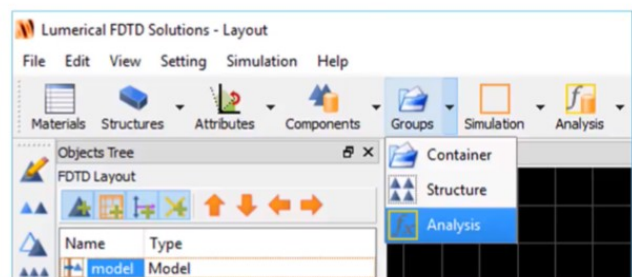
除了分析组之外，还有 container 组和 structure 组。container 组可以包含任何类，但不能对类的属性进行设置，也不能收集数据。structure 类只能包含结构类。

### Container groups

- Groups objects but cannot modify properties or collect data
- Can contain any type of object

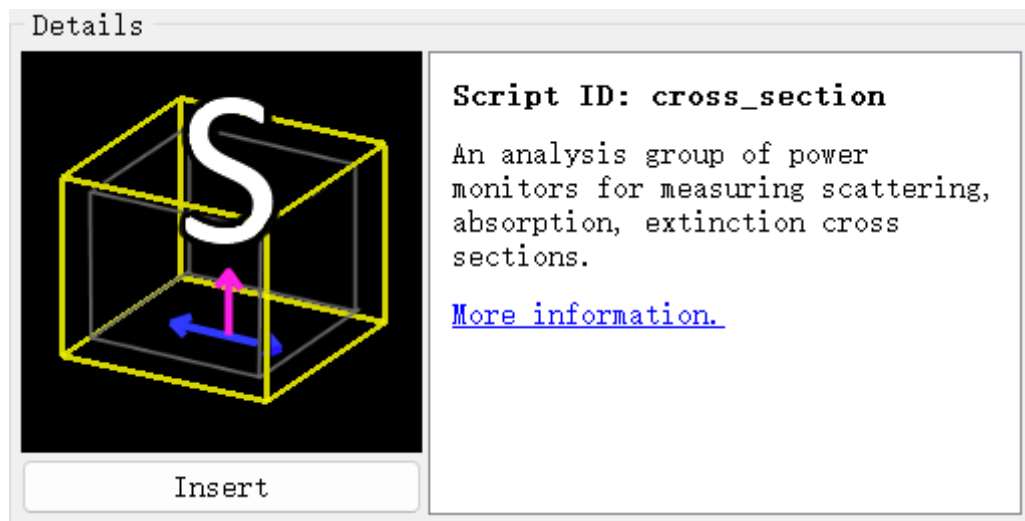
### Structure groups

- Uses same setup options as analysis groups
  - User defined properties table
  - Setup script
- Can only contain structures



## 4.3 预置组

FDTD 内部有很多预设的组供我们选用，比如之前用到的光子晶体 structure group。此处以光功率分析组为例进行说明：



可以通过本例学习分析组相关的设置。按我的理解，分析组本质就是一个函数而已。或者更复杂一点，其本质是一个类，调用各子类的属性进行更高层次的计算并输出结果。

## 5. 数据导出

数据导出分为在图形窗口中导出（一眼就会）以及通过脚本导出。通过脚本导出只涉及两三个命令，可以去查官方文档，不具。

## 6. 其他

### 6.1 收敛性分析

误差主要来自网格密度、PML层设置以及材料拟合等。

<b>Mesh</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Staircasing effect</li> <li>• Grid dispersion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Settings to test <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesh accuracy</li> <li>• Mesh override step size</li> </ul> </li> </ul>
<b>PML</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artificial coupling with PML</li> <li>• Reflection from PML</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Settings to test <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distance from PML</li> <li>• Thickness of PML (number of layers)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Multi-coefficient model</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Error in broadband material fits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Settings to test <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modify fit parameters</li> <li>• Compare with single frequency simulations</li> </ul> </li> </ul>

如果要量化由于材料拟合而引起的误差

收敛性分析可以通过增加网格密度等扫描参数的方法进行，同时输出某一个运行结果的值，已查看其是否趋于稳定：

Choose result of interest, eg. scattering cross section  $\sigma$

Sweep a parameter related to source of error over N points, eg. reduce mesh step size over N points

- Exact error

$$\Delta\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma - \sigma_{theory})^2}{\sigma_{theory}^2}}$$

- Absolute error estimate for  $i^{th}$  point in the sweep

$$\Delta\sigma_N(i) = \sqrt{\frac{(\sigma_i - \sigma_N)^2}{\sigma_N^2}} \xrightarrow{\text{Broadband}} \Delta\sigma_N(i) = \sqrt{\frac{\int (\sigma_i - \sigma_N)^2 d\lambda}{\int \sigma_N^2 d\lambda}}$$

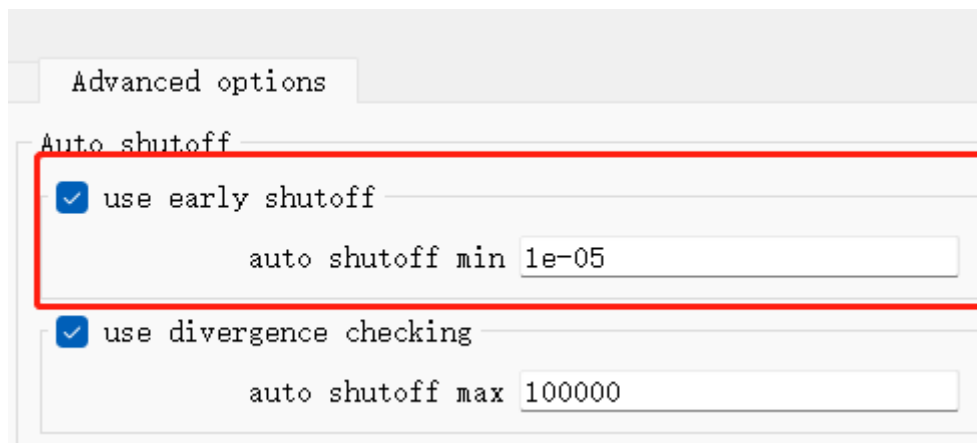
- Relative error

$$\Delta\sigma_{1-2}(i) = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{0.5(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}}$$

可以从仿真中选择有用的结果

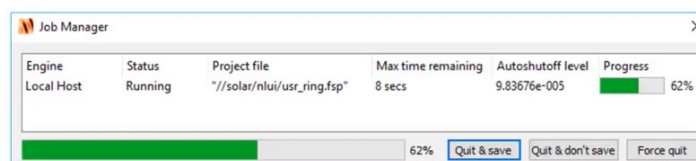
## 6.2 仿真时间

由于频域结果是通过时域信号进行傅里叶变换得到的，因此，当时域信号未完全收敛到0即结束仿真时，通常会引起频域信号的误差。通常可以设置一个较长的仿真时间，并勾选提前结束选项：

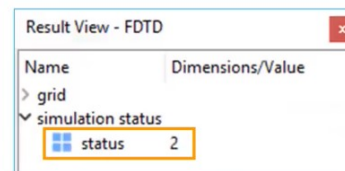


可以通过以下几个方法查看仿真是否提前结束运行：

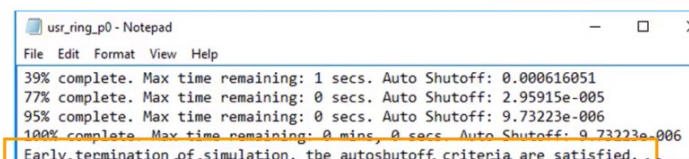
- Job Manager window



- *status* result of the FDTD solver region
  - 1 – Reached maximum simulation time
  - 2 – Early shutoff, reached auto shutoff min threshold



- Log file



运行模拟时将生成日志文件，并将其保存在当前工作目录中

FDTD100

The log file is generated when the simulation is run and it's saved in the current working directory.

edu.lu