

## CTAya 简明教程

需要安装 MATLAB2019b runtime, <https://ww2.mathworks.cn/products/compiler/matlab-runtime.html>

请引用:

1、Li Chengsheng, et al. Dynamic three-dimensional imaging and digital volume correlation analysis to quantify shear bands in grus, *Mechanics of Materials*.

2、Chengsheng Li, Lingwei Kong, Aiguo Guo, Xianwei Zhang. X-ray microscopic study on disintegration of granite residual soil

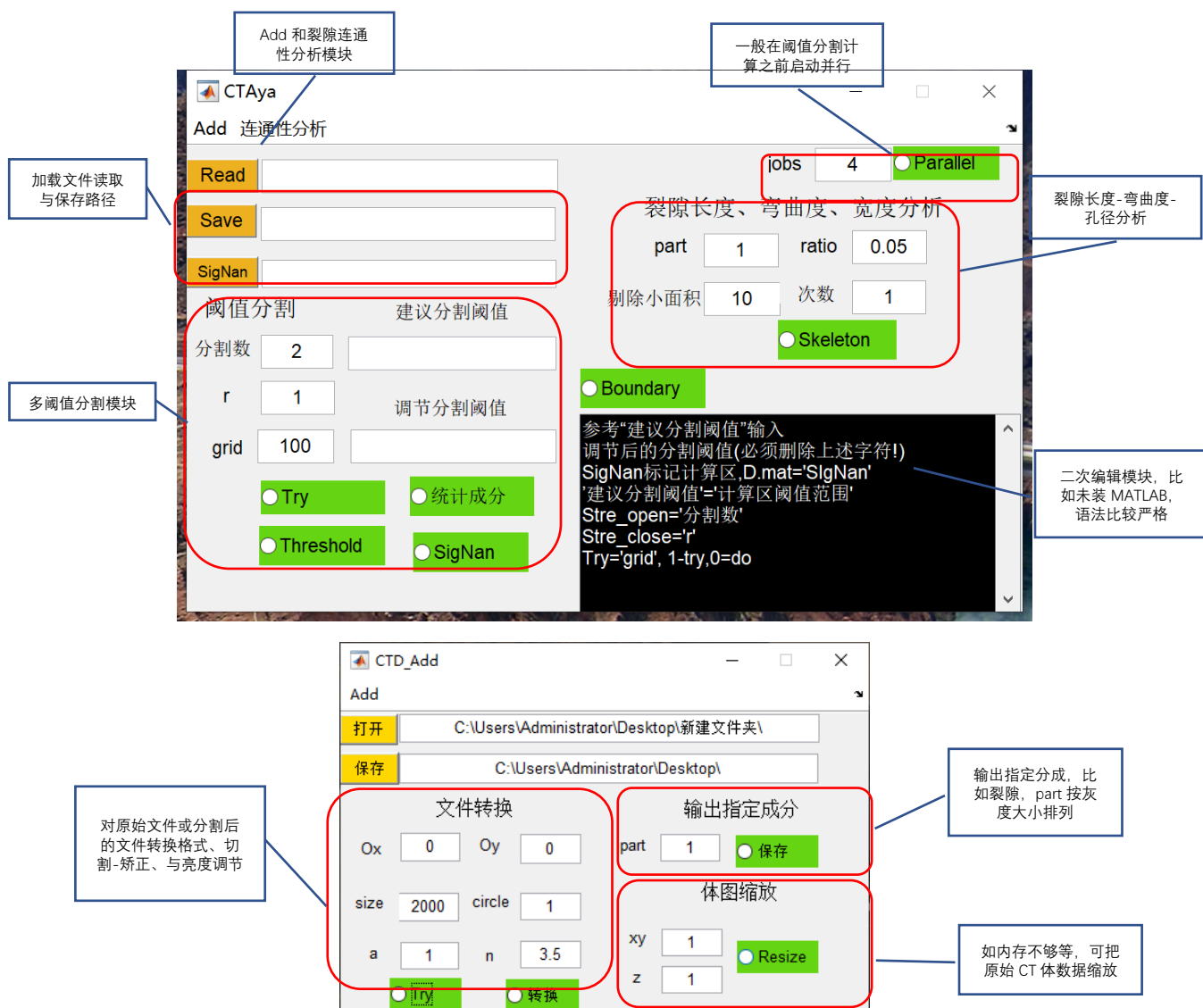
### 目录

主界面介绍.....	2
一 分析区域标记.....	4
二 阈值分割.....	5
三 裂隙长度、弯曲度、宽度分析.....	8
四 Add 模块.....	10
五 CT 连通性分析.....	13
六 SWCC 模拟.....	16

实现以下功能:

- 1、多阈值分割, 并统计各个成分含量
- 2、分析裂隙的长度-弯曲度-孔径, 具体参考【X-ray microscopic study on disintegration of granite residual soil【】
- 3、标记裂隙连通性及其连通性指数
- 4、标记粘结的颗粒, 并统计结果
- 5、SWCC 模拟及非饱和有效应力近似模拟,
- 6、利用非饱和模拟精确计算孔径分布
- 7、附加功能, 通用图片格式转换成 tif (灰度图, 非 RGB 格式, 也是软件指定处理格式), 指定输出成分

## 主界面介绍





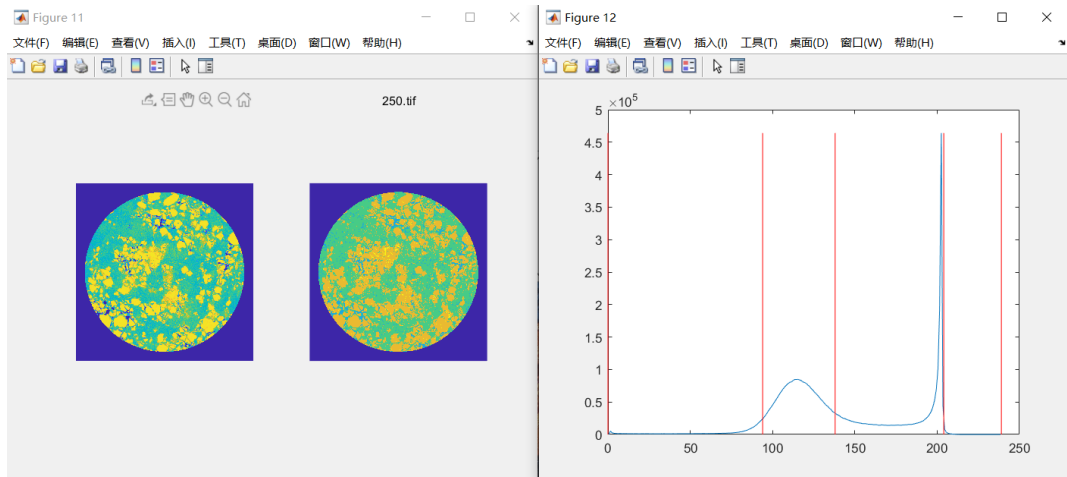
## 一 分析区域标记

- 1、经过 Add 模块处理后生成 tif 图片;
- 2、【打开】预处理好的文件夹和【保存】文件夹路径, 利用“体图缩放”模块功能, 其中:  
【xy】=1, 【z】=1, 点击【Resize】可生成 CT 图片的三维矩阵.mat 数据
- 3、利用主界面“CTAya”功能对三维矩阵.mat 数据进行计算区域标记:
  - 1) 【SigNan】读取.mat 数据,
  - 2) 参数说明: 【建议分割阈值】=‘计算区阈值范围’, 例如“50, 300”  
开运算半径: Stre\_open=【割数】, 可选择 1, 2, 3 等  
闭运算半径: Stre\_close=‘r’, 可选择 20, 25, 30 等  
是否全部执行: 尝试: ‘grid’=1, 全部执行: ‘grid’=0  
操作计算: 点击【SigNan】, 生成 xx\_note.mat 标记数据
- 4、如果是不规则区域的计算, 【Read】、【Save】含义相同, 【SigNan】xx\_note.mat 标记数据, 此时【r】参数没有意义, 可不设定。

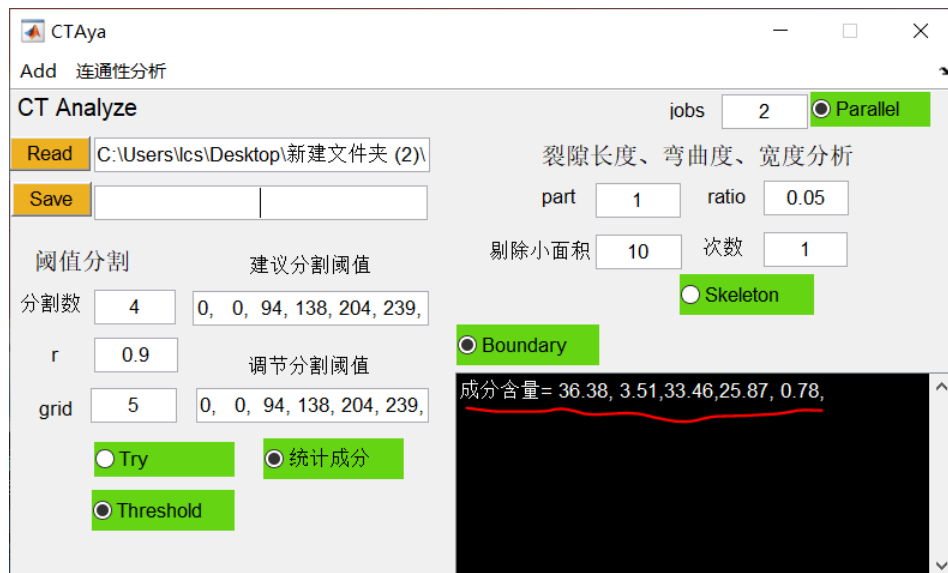
## 二 阈值分割

1. 【jobs】输入当前计算机的物理核数，然后执行【Parallel】启动并行计算，输入 $\leq 1$  则是关闭并行计算，若启动后会显示“**并行启动完毕!**”
2. 【Read】和【Save】分别添加文件读取和保存路径，如果 CT 数据图片不是 tif，参考 Add 模块，把飞 tif 格式转换。
3. 【分割数】，需要分割的成分，可以多选一些，比如 3 份或者 5 份。
4. 【r】，圆柱样，选择需要进行同心圆形切割的范围，一般 0.7-0.9，可以根据【Try】的结果来反馈调节，注【Try】功能可以随意尝试，查看结果和熟悉逻辑。
5. 【grid】设定尝试分割的文件读取间隔，保证精度的情况下可以少选一些，保持抽取样大于 20%；技巧是，先用大的间隔进行分割计算，然后再减小间隔细调分割阈值。
6. 执行【Try】进行初步分割，建议的分割阈值会在【建议分割阈值】栏显示，根据结果调节前面的 3 个参数，看效果（如图 fig.11 和 fig.12）。fig.11 是原始图-分割结果图对比，fig12 是灰度直方图分割结果示意图。





7. 参考 fig11 和 fig12, 并根据建议的分割阈值, 手动输入【调节分割阈值】, 点击【Try】查看分割结果。当【调节分割阈值】栏有数值时, 【Try】仅针对人为给定的分割阈值进行计算, 并没有调动内部算法。不断迭代{调节阈值-Try}直到分割准确为止。注意输入的数值必须是全英文格式, 中间用逗号隔开, 0-0 表示的一般是背景。
8. 当设定好准确的分割阈值后, 【调节分割阈值】栏内的数不能修改, 直接点击【Threshlod】, 对【Read】文件夹内的所有图片进行分割, 并把分割结果保存在【Save】路径。当出现{Threshold End!}时可在【Save】路径查看相应的结果。
9. 【Read】读取分割结果文件路径, 点击【统计成分】可计算各个灰度值的含量百分比。**注意如果有黑色背景, 第一项需要剔除, 自己重新计算。**

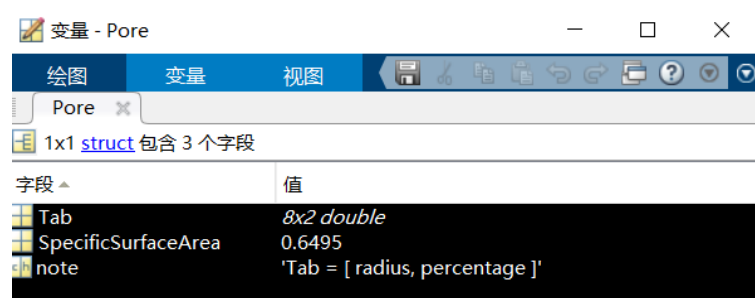


10. 【Boundary】需要结合【Add】模块, 在这种情况下可能会用到: 首先用【Add】模块把裂隙提取出来, 但是三维显示裂隙时只有纯裂隙, 没有试样边界, 显得没有对比性, 而

【Boundary】就是给裂隙添加圆柱边界，参考的圆柱为【r】参数，同时需要设定【Save】文件保存路径。

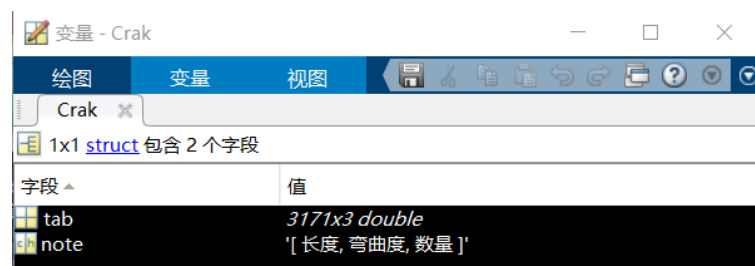
### 三 裂隙长度、弯曲度、宽度分析

1. **【Read】** 读取分割结果文件路径, 结果文件会在此路径上生成 {Skeleton 文件夹}
2. **【part】** 指定第几个成分是需要分析的, 排序是从灰度值从小到大。比如, 背景值为 1, 裂隙为 2。
3. **【ratio】** 是裂隙骨架“毛刺”剔除的百分比, 孔隙很零碎, 可以选择 0.05, 如果孔隙很完整光滑可以选择小一点 0.01
4. **【剔除小面积】** 剔除分割结果中噪点面积, 影响分析结果, 一般 5-100 均可, 根据分辨率和尺寸来决定
5. **【次数】** 需要剔除的迭代次数, 一般选择 1。若“毛刺”特别多, 可以选择其他正整数。
6. 全部参数设定完成后, 点击**【Skeleton】**进行相应分析, 可以获得 Skeleton 骨架图片结果、孔径统计分布.mat、裂隙长度-弯曲度统计.mat。注意: 如果参数设置错误, 必须要全部删除整个 {Skeleton 文件夹}, 否则会跳过已有结果的计算。其中:
  - 1) 孔径统计分布.mat 的数据结构为: Tab 为 {半径-含量} 结构, Pore.SpecificSurfaceArea 是孔隙的比表面积。



字段	值
Tab	8x2 double
SpecificSurfaceArea	0.6495
note	'Tab = [ radius, percentage ]'

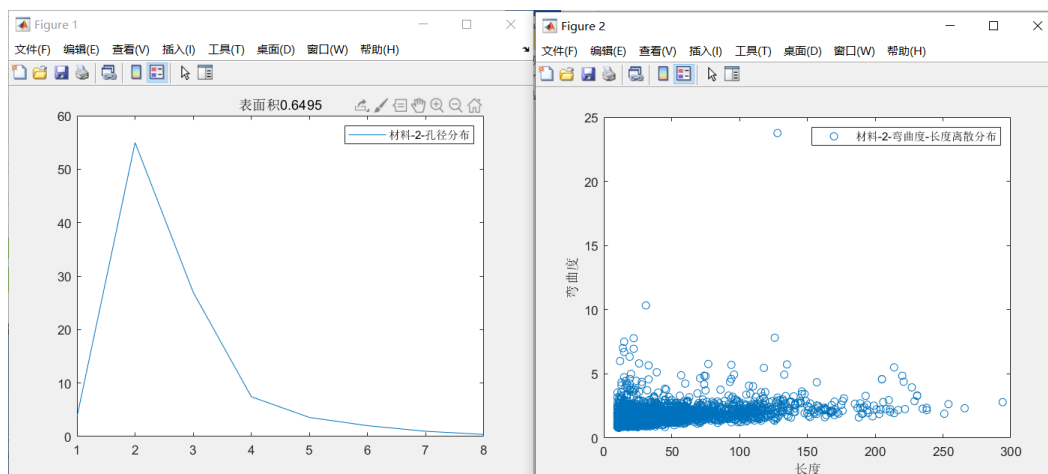
- 2) 裂隙长度-弯曲度统计.mat 的数据结构为: tab 为裂隙的 {长度-弯曲度-数量} 统计结果。



字段	值
tab	3171x3 double
note	'[ 长度, 弯曲度, 数量 ]'

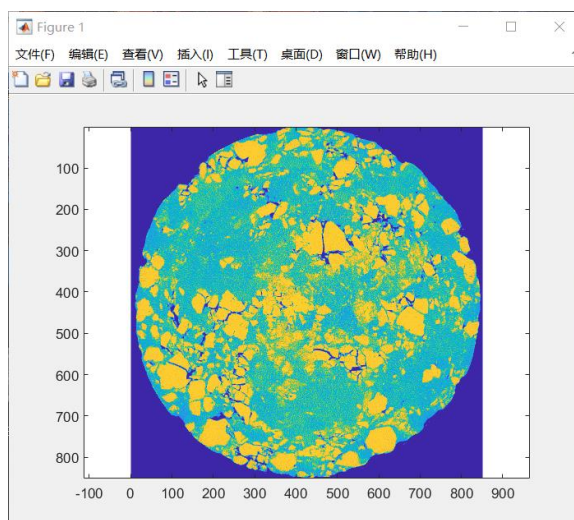
- 3) 当完成计算时, 也会显示裂隙分析结果, 如下图:



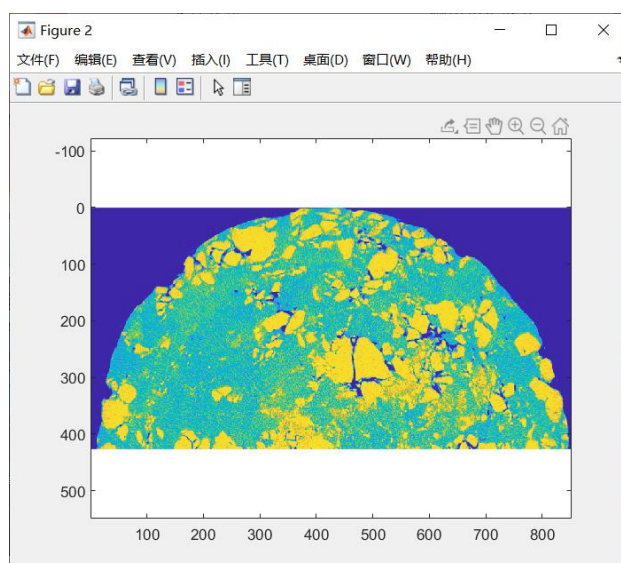


## 四 Add 模块

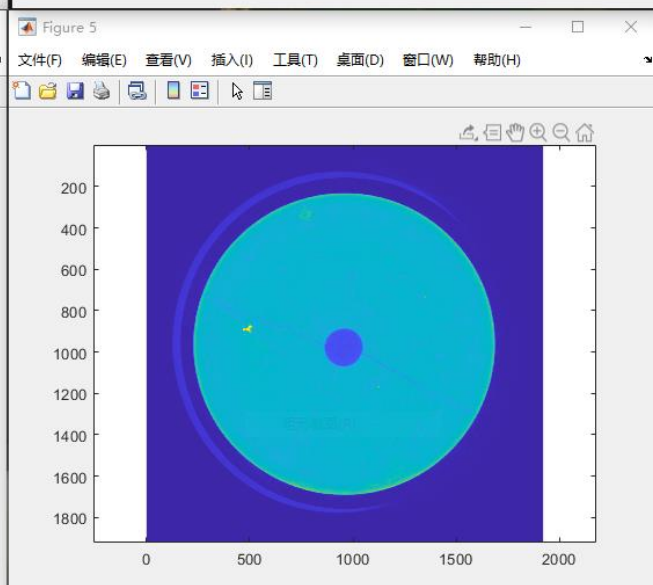
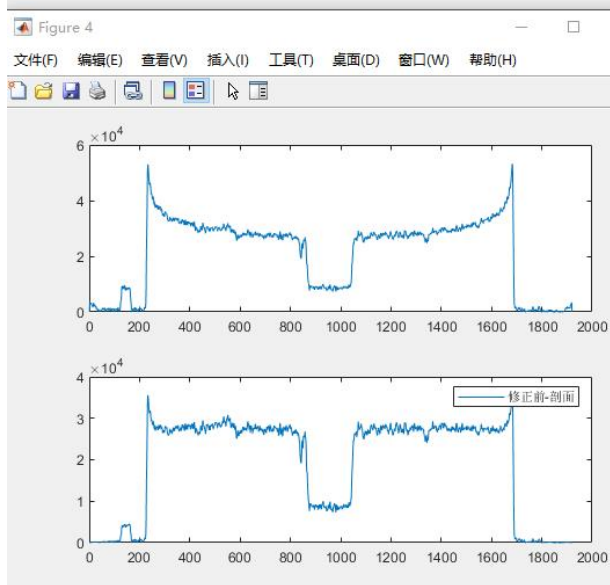
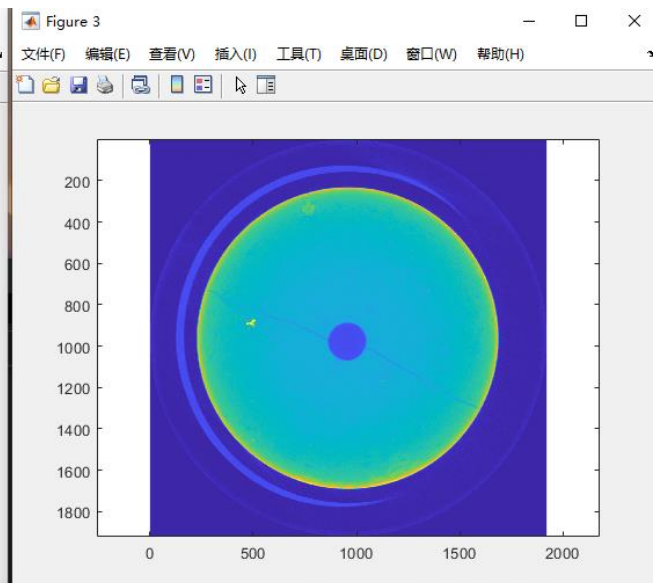
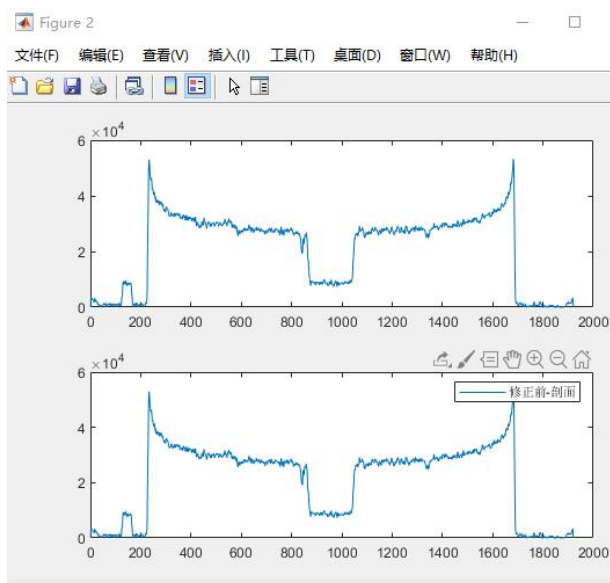
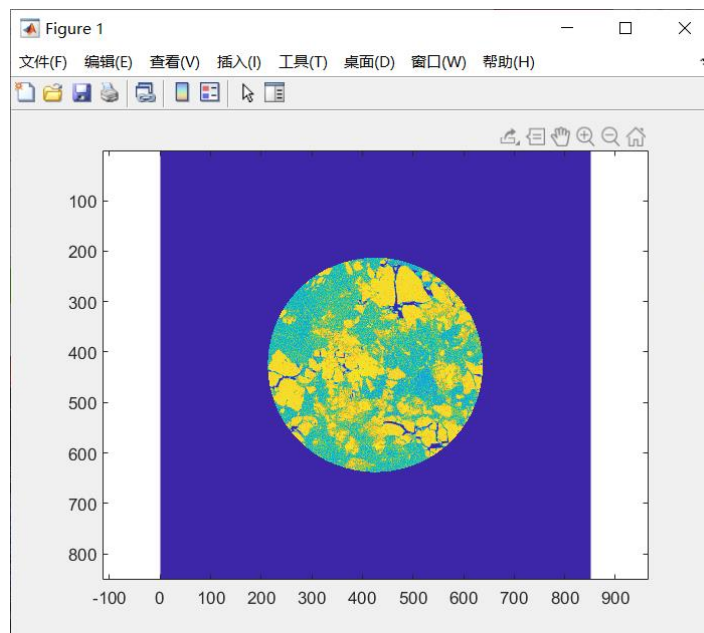
1. 【打开】和【保存】文件路径
2. 【ox】和【oy】选择需要中心修正的位置
3. 【size】正方形切割尺寸，多数情况原始 CT 图片空域过多且占内存，需要切割掉
4. 【circle】圆形切割尺寸
5. 【Try】尝试进行切割，查看效果
6. 【a, n】为亮度调节参数，采用  $I' = I * (1 - a * R^n)$  公式调节  
比如原始图：



$0x = 500, 0y = 0, r = 5:$



$0x = 0, 0y = 0, r = 0.5:$

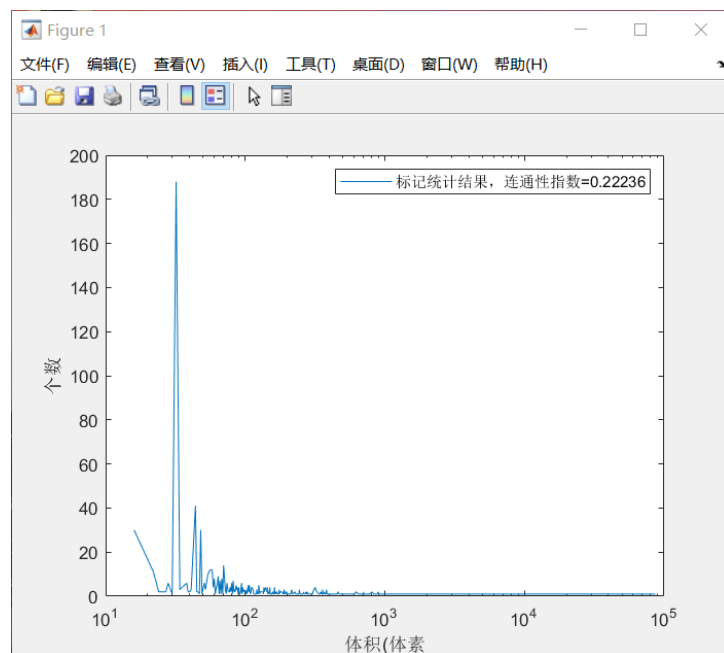


7. 当 CT 扫描结果存在问题时, 可以不断调整参数进行校正, 包括中心校正 {ox, oy}, 背景太多切割 {size}, 圆柱切割 {circle}, 格式为非 {tif} 时转换, 这些参数全部设定好后, 点击【转换】进行批量全部转换。
8. 输出指定成分, 在需要指定输出时可使用, 比如需要单独显示或处理裂隙、石英颗粒等, 【part】参考前述, 然后点击【保存】。
9. 如果当前的 CT 扫描结果太大时, 可以对其进行缩放。【xy】平面尺寸比例, 【z】z 轴尺寸比例, 调节 CT 原始数据非 1:1:1 比例缩放。比如:
  - 1) 如果选择 xy=1, z=0.5, 则把 z 轴进行 0.5 比例压缩
  - 2) 如果选择 xy=0.5, z=0.5, 则把整体进行 0.5 比例压缩

## 五 CT 连通性分析

1. 【File】和【Save】指定文件路径。
2. 【开运算半径】剔除一些“毛刺”或不规则小区域。
3. 【连通性指数】显示计算结果，完全连通为 1，完全不连通为 0。
4. 【成分】指定某一灰度会需要分析的对象。
5. 【格式转换】把非 tif 文件转换成 tif 文件，一般情况下不需要用。
6. 【标记连通性】对指定成分进行连通性标记，在【File】路径下生成【n-Part\_D】文件夹，里面含有【image】标记的 tif 堆叠图和 Tab\_体素统计（1-体积数，2-个数）。注：执行计算时会关闭并行计算，因为标记计算需大量内存。【是否输出最大连通裂隙】可以输出最大连通裂隙。

1) 生成标记结果图：



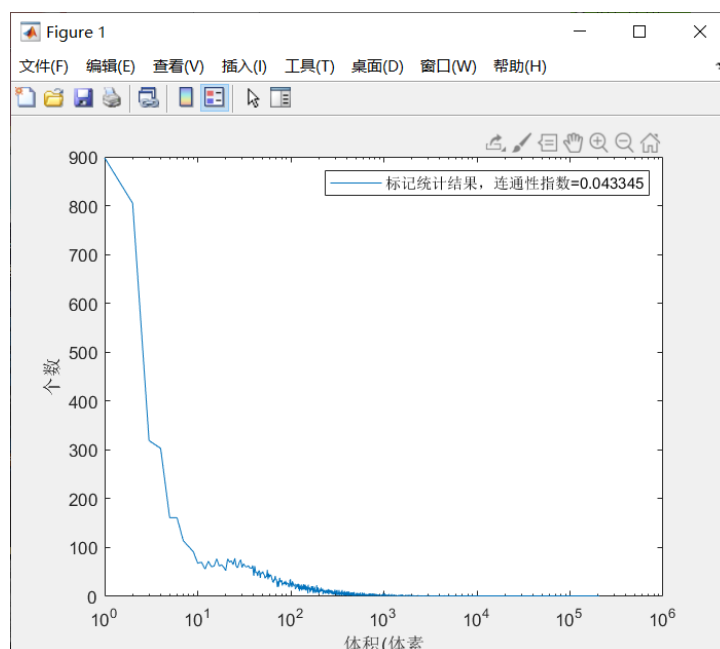
2) Tab\_体素统计.mat 数据结构{体积-个数}，可用于其他计算。

3) 生成标记结果的 tif 结果图片：



7. 【颗粒分割】对颗粒材料进行颗粒标记提取，消除颗粒之间的粘接，可以获取级配曲线。  
 【开运算半径】同样用于剔除不规则边界，修改【成分】选择颗粒所对应的的灰度值排序号。生成：

1) 体积与个数分布图：

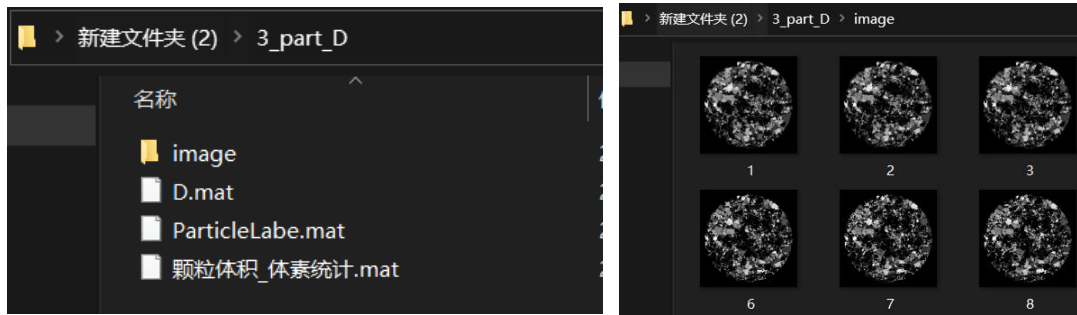


2) 生成数据：

颗粒体积\_体素统计.mat 结构：{体积 - 个数}

D.mat 是颗粒的三维矩阵数据

ParticleLabe.mat 是颗粒标记三维矩阵



## 六 SWCC 模拟

此模块比较复杂, 请直接联系 lichengsheng@outlook.com