

# iDVC 简明教程

## 目录

iDVC 简明教程 .....	1
一、软件初步运行 .....	3
1.1、输入秘钥打开软件 .....	3
1.2、注意事项 .....	4
二、DVC 前期处理模块 .....	5
2.1 分割阈值选取 .....	5
2.2 Z 轴含量成分匹配与选取 .....	6
2.3 XY 平面角度匹配 .....	7
2.4 生成.mat 格式的三维矩阵 .....	8
三、DVC 计算 .....	9
3.1 计算参数设置 .....	9
3.2 DVC 执行计算 .....	10
3.3 二次编辑 .....	10
3.4 标记不规则形状与计算 .....	10
四、应变计算 .....	12
4.1 位移场修正与平滑 .....	12
4.2 应变场计算 .....	12
4.3 位移场坐标系投射 .....	12
五、后处理显示 .....	13
5.1 三维剖面显示 .....	13
5.2 三维曲面显示 .....	14
六、附件-交互执行代码 .....	16
6.1 不规则形状计算区域标记 .....	16
6.2 采用云点显示不规则云场 .....	16
6.3 采用散点显示不规则云场 .....	16

编者注：非常欢迎 iDVC 使用者提出修改意见，修改意见可以直接通过邮箱发给我。

**请引用：**

1. Accurate and simple digital volume correlation using pre-interpolation, Measurement Science and Technology, <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ab85b0>.
2. Dynamic three-dimensional imaging and digital volume correlation analysis to quantify shear bands in grus, Mechanics of Materials, <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2020.103646>.
3. Evolution of cracks in the shear bands of granite residual soil, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.12.028> (裂隙分类中文建议：湮灭型、新生型、孤传型、拆分型、组合型、复合型裂隙)

欢迎加入 QQ 讨论群：544465573 (FreeDIC/DVC 测量分析)

视频教程：<https://b23.tv/JiHSnqi>

<https://github.com/lichengshengHK/iDVC>

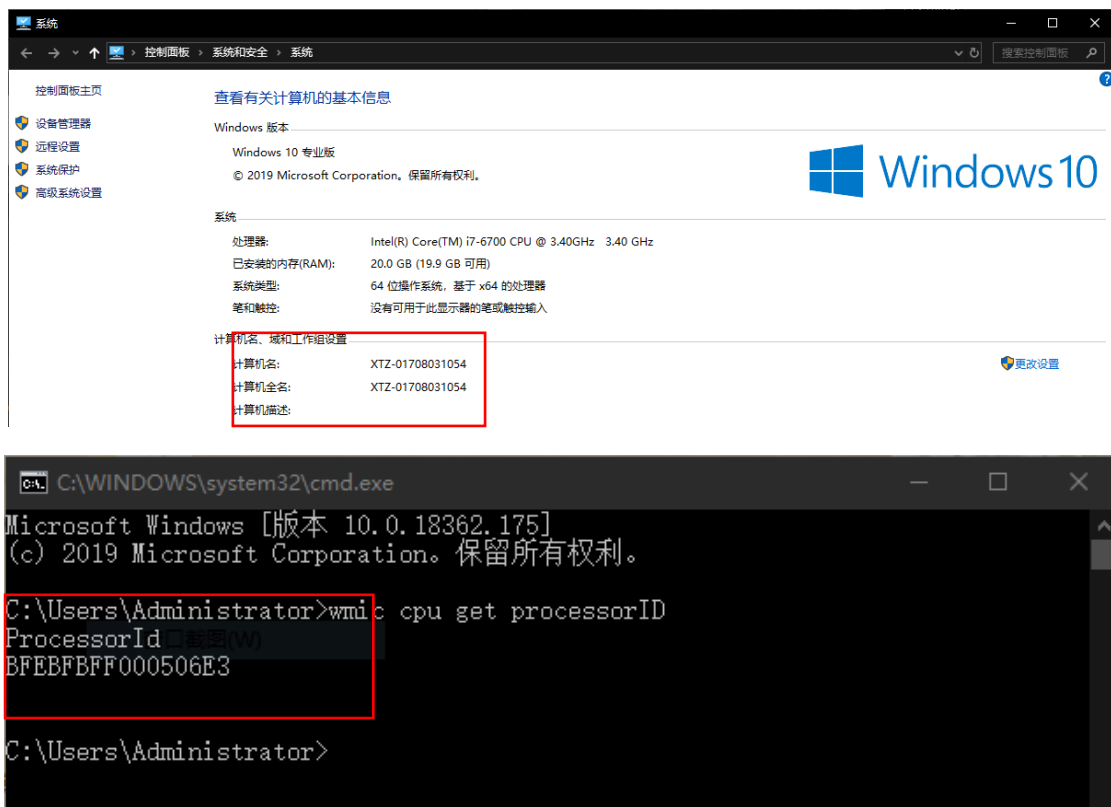
# 一、软件初步运行

## 1.1、输入秘钥打开软件

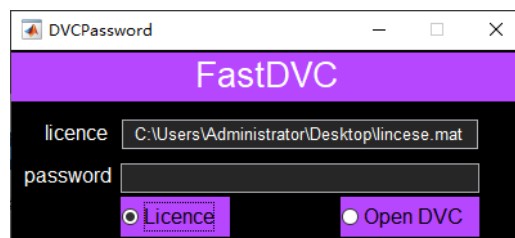
如果没有安装 **MATLAB2019b**，则运行软件需要下载安装 **MATLAB 2019b runtime**（官网免费），链接：  
<https://ww2.mathworks.cn/products/compiler/matlab-runtime.html>

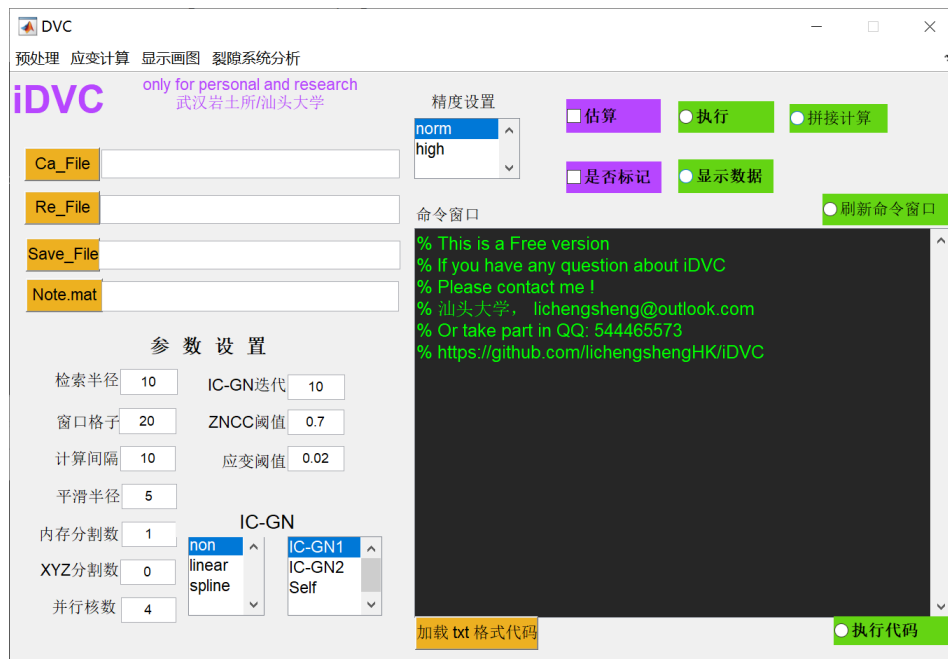
打开软件需要唯一的秘钥，一台电脑生成一个唯一的秘钥，需要向开发本人提供安装软件的：主机名称、CPU 序列号。

如下图所示：在 **cmd** 或者 **shell** 里面输入：“**wmic cpu get processorID**”可获得相关硬件信息。

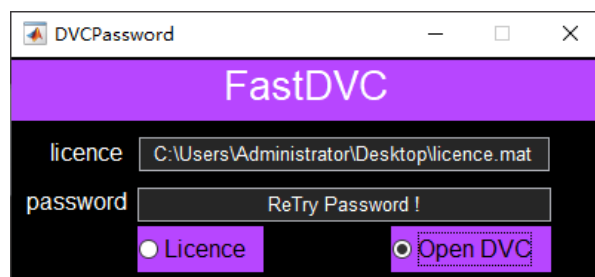


生成唯一秘钥 **license**，例如：**1c9c8eeab2eced71a0600acee2b6ab087d29d701d0f804cdb8xxx**，在软件界面用【**Licence**】输入 **licence** 文件路径即可打开。





如果密钥错误或支持时间过期，会出现如下结果：



## 1.2、注意事项

软件不能放置有中文路径下!!

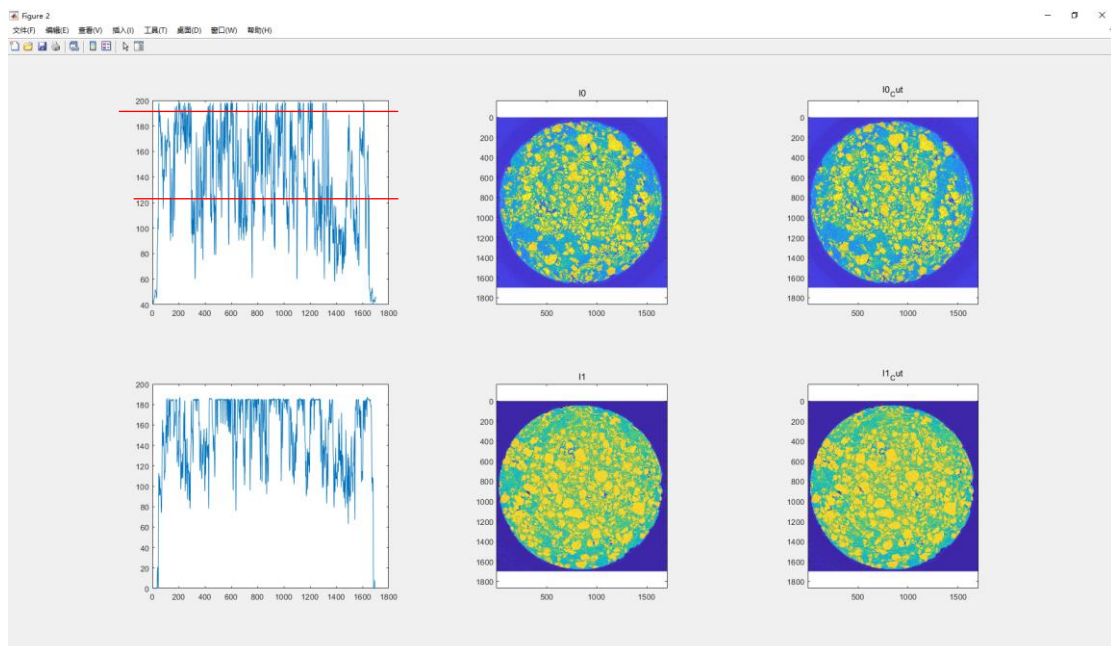
## 二、DVC 前期处理模块

### 2.1 分割阈值选取

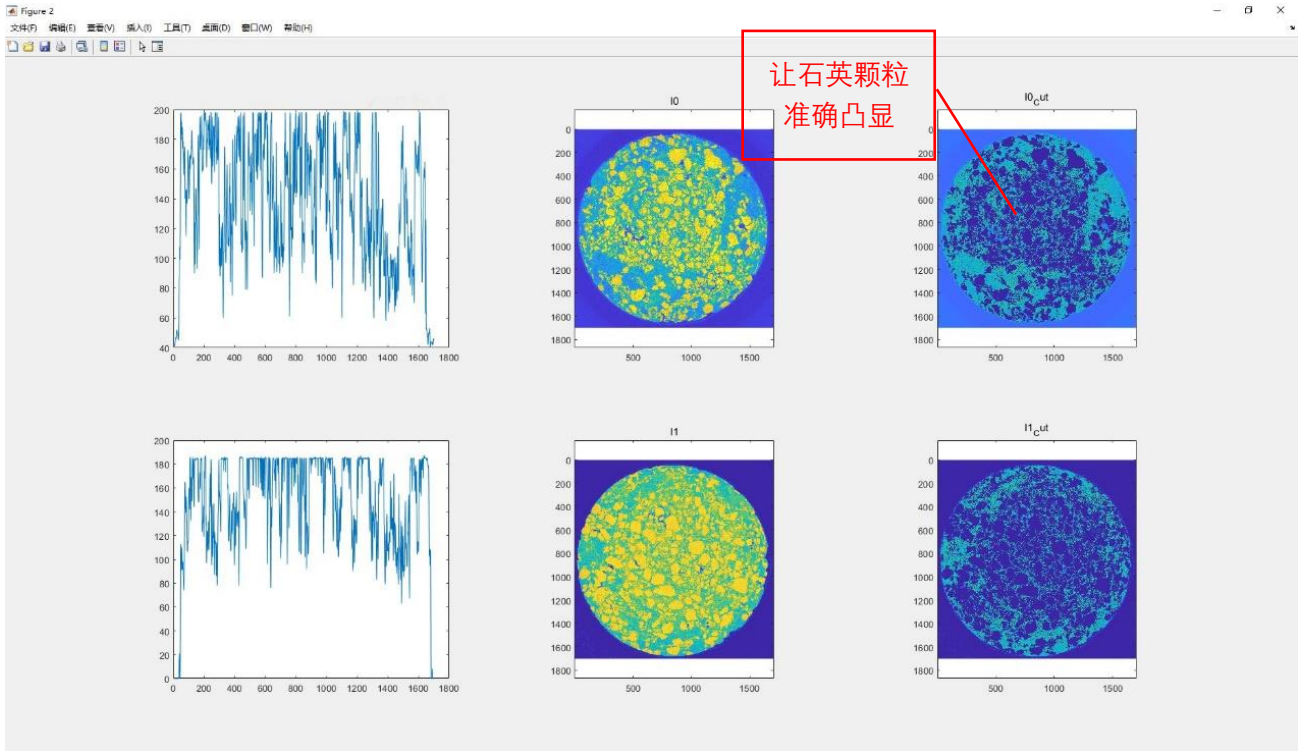


提前选取好保存路径【Save】、参考图像【V0】和当前图像【V1】文件 path（注：当前仅支持 tif 格式，非 RGB3 层数据，最好是 uint8 格式，降低内存需求）。阈值的选取是为了调整两个 CT 数据在 Z 上的匹配，减少后期 DVC 计算压力，同时也提高准确度。

一开始可以随意选取分割阈值，比如“0,1”（只能是这种形式，两个数值+中间一个英文逗号，且必须是英文），单后点击【Try 计算】，根据结果中最突出稳定的材料来选取合适阈值。如下图所示，此材料是混凝土，含有黏土和石英颗粒，而石英颗粒是比较稳定的。



根据上图的剖面图可以确认石英颗粒大概的灰度值范围（不需要非常准确）为“120,200”，得到如下图，依据 2-3，5-6 的对比效果不断调整阈值范围直至合理为止。



## 2.2 Z 轴含量成分匹配与选取

当阈值选取 OK 后，执行【执行】计算选取阈值的 Z 轴含量分布，会生成 **content.mat** 和 **Z.mat**。并且执行【画分布曲线】画出 Z 轴分布曲线。如果 CT 扫描过程中试样有颠倒，在【Z 轴倒转】中选取“1”（同步实时加载一般不会出现该情况）。



选择相应的【Z 轴偏移】来使两条曲线变化趋势尽量匹配。

选取适当的【Z 轴区间】，来选取需要计算的层范围，只要曲线吻合好，可尽量取大一些，最终结果如下图所示：

注意：如果【Z 轴区间】选择范围超过文件数量，不能生成 volume image。

## 2.3 XY 平面角度匹配

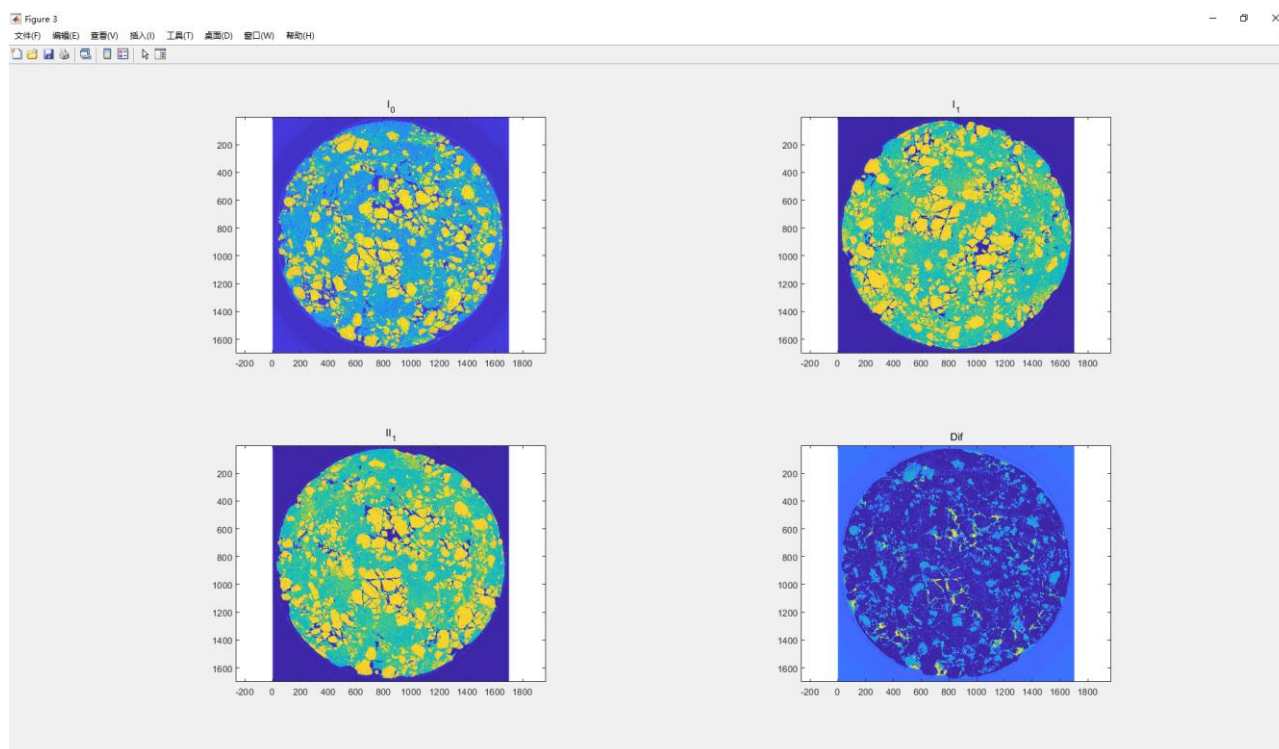
同样也是为了减少计算误差，进行角度匹配（注：如果是实时同步加载，设置为 0 就行，但必须要点击【Try\_Angle】(0-360°) 生成相应的设置参数)。通过不断对比结果调试获取合理的角度匹配。如下图所示：

注意：

(1) 如果原始 CT 图片不是居中的需要采用【Ox, Oy】进行调整

(2) 如果前后 tif 图片尺寸不同，需要调整【Size】

可以直接点击【Try size】来调节中心偏移参数和 Size 参数。



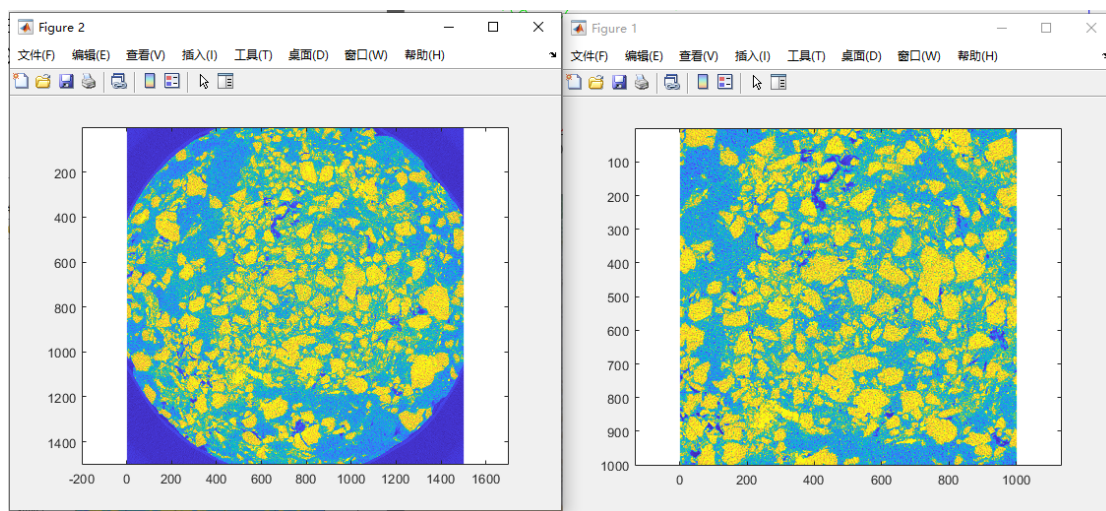


## 2.4 生成.mat 格式的三维矩阵

当前面参数全部合理后即可生成矩阵。但需要注意的是：

- (1) 如果 CT 矩阵很大（相比计算机的内存），可以选择合适的 **【resize】**，比如选取“0.5”，原来  $1000^3$  的矩阵转化成  $500^3$  的矩阵；
- (2) 如果感兴趣的区域比较小，可以选择 **【Size】** 来进行正方形切割，具体可以 **【Try size】** 的效果来确定。如果图形有中心偏移，根据前一节的参数进行调节。

当全部参数确认无误后，可以执行 **【生成.mat 数据】**，最终生成‘V0.mat’和“V1.mat”。



### NOTE:

1、如果文件名太长，特别是数值太长，有可能无法处理，这时需要重新命名简单的文件名，具体操作如下：

其中重命名的文件名投为字符！

批量修改文件名：首先打开需要批量修改文件名的文件，然后在键盘上按ctrl+a全选，然后右击重新命名，修改文件名，最后敲击回车就完成了对文件名进行批量修改了。

其实批量修改文件名非常简单，打开需要批量修改名称及排序的文件，ctrl+a 全选，右键选择重命名给第一个文件命名，修改结束后回车，文件名称已修改，并且出现序号排序自动排序。如果在操作中出现失误，可以按Ctrl+Z进行撤销，重新修改即可！

2、遇到无法生成 V0.mat 数据时，检查是否每个功能按钮都进行了？因为数据生成依赖部分文件结果。



## 三、DVC 计算

### 3.1 计算参数设置

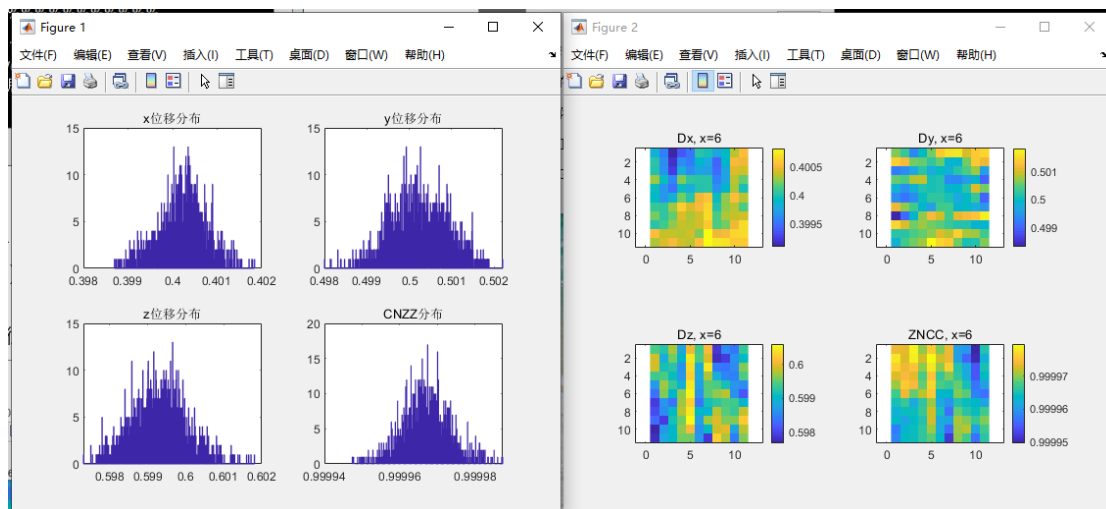
设置好【Ca\_ile】和【Re\_ile】（打开参考 V0.mat 和当前 V1.mat 文件，Ca\_File 需要计算的数字体图像，Re\_File 是用于参考的数字体图像）和【Save\_File】路径。【Note.mat】选取标记好计算区域的数据。

- (1) 【检索半径】单位是体素，配合后面的【估算】模块进行调节合适数值，一般要稍微大一些；
- (2) 【窗口格子】单位体素，计算格子半径，选取“20”则计算窗口为“41”（ $2*n+1$ ），小应变用大窗口，大应变用较大的窗口；
- (3) 【计算间隔】用于直接选取计算点，是计算间隔；
- (4) 【平滑半径】是高斯滤波半径，在 CT 扫描中一般会出现一些噪声，进行预处理掉，如果已经处理过了，可以选取较小的值；
- (5) 【内存分割数】用于减小内存需求操作，当数据很大时（比如大于  $500^3$ ）可选择“3”，数据较小时可选择“1”，一般大可选择“2”；
- (6) 【XYZ 分割数】当计算内存小但计算数据很大时可选用，比如选取“2”进行  $2^3=8$  分割；理想下每核对应 2G 内存。
- (7) 【并行核数】设置并行计算核数，最大为“8”；
- (8) 【IC-GN 迭代】IC-GN 迭代计算最大次数；
- (9) 【ZNCC 阈值】当计算的 ZNCC 小于该阈值则需要重新修正；
- (10) 【应变阈值】定义大变形阈值；
- (11) IC-GN 插值方法【non, linear, spline】对应不同精度需求；
- (12) IC-GN 插值方法【IC-GN1, IC-GN2, Self】对应不同精度需求，‘Self’暂不能使用；
- (13) 计算速度选择【norm, high】选择正常速度“norm\_s”、高速度“high\_s”；建议使用‘norm’，否则对内存的需要急剧增大；
- (14)



## 3.2 DVC 执行计算

- (1) 【估算】在计算初期，需要动态调整【检索半径】，根据当前的结果进行调整，会生成 **DD\_first.mat**，如果有 Data Cut，会生成 DVC\_key 子数据。



- (2) 当前参数设置 OK 后，【估算】必须要取消，然后点击【执行】进行 DVC 主体计算，计算过程会在【命令窗口】动态显示计算过程信息，最后生成 DVC.mat。
- (3) 【并行核数】最理想是选择 CPU 的物理核数，而不是线程数。
- (4) 【拼接计算】用于前后变形巨大的计算，一般采用计算相邻变形较小的数据，然后整体拼接生成完成的系列应变场。但该功能比较复杂，暂时不能使用。

## 3.3 二次编辑

如果对计算结果需要修正或其余操作，可选用二次编辑功能，该功能可执行大部分 MATLAB 自带函数和自己编写的代码，但需要注意的是：在代码中不能出现“%”符号（抱歉还未解决）。

- 1) 如果有编写好的模块代码可以保存成 TXT 文档（仅支持 TXT），选择【加载 txt 格式代码】即可加入并在【命令窗口】，同时也可在【命令窗口】直接进行修改；
- 2) 在执行【执行】之前，必须要选取【Ca\_File】数据。

## 3.4 标记不规则形状与计算

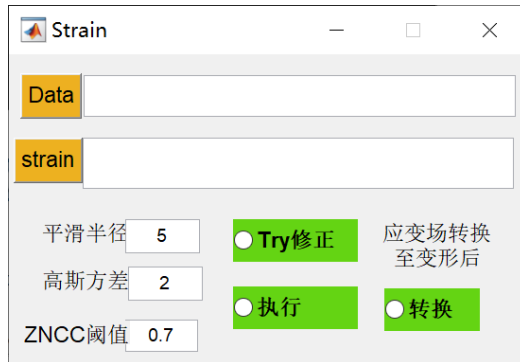
如果需要计算的几何外形不规则，需要根据灰度特征值进行标记计算区域。

操作细则参考 5.1。

- (1) 完成【预处理】处理后；
- (2) 【Ca\_File】选择 V0.mat 文件；
- (3) 然后执行 6.1 代码，生成 V0\_note.mat 标记矩阵文件。
- (4) 完成标记后，执行非规则区域计算；
- (5) 其余全部按照正常步骤，其中【Note.mat】选择 V0\_note.mat 文件，然后必须要勾选【是否标记】进行计算。

- (6) 由于是 `matlab` 的三维显示功能较为复杂，当前参考 6.2-3 进行云点结果显示。
- (7) 原理是：根据计算预定计算区域的灰度特征范围进行形态学标记，尽量把代表空气的部分（非孔裂隙）标记成非计算区域。

## 四、应变计算



The image shows a software window titled 'Strain'. It contains two input fields at the top: 'Data' and 'strain'. Below these are three numerical input fields: '平滑半径' (Smoothing Radius) with value 5, '高斯方差' (Gaussian Variance) with value 2, and 'ZNCC阈值' (ZNCC Threshold) with value 0.7. To the right of these fields are three buttons: 'Try修正' (Try Correction), '执行' (Execute), and '转换' (Convert). The 'Try修正' button is highlighted in green. To the right of the buttons is a text label '应变场转换至变形后' (Strain field conversion to deformed state).

### 4.1 位移场修正与平滑

应变计算基于最小二乘法。

- (1) **【Data】** 选取 DVC 计算结果文件 DVC.mat;
- (2) **【平滑半径】** 高斯平滑半径，一般选取“5-10”
- (3) **【高斯方差】** 一般选取“1-3”用于平滑数据；
- (4) **【ZNCC 阈值】** 小于该阈值需要进行平滑修正；
- (5) 参数选择 OK 后，可执行 **【Try 修正】**，修正、平滑三维位移场；当前后的‘ZNCC 阈值’相同时，不会执行 Try 修正计算（如有其它参数改动，可以对 ZNCC 阈值进行小数值改动）；

### 4.2 应变场计算

**【执行】** 完成整体的应变场计算，会生成如下数据：

Data	说明
*_*_para	最小二乘法求解拟合参数
DVC_Dx/Dy/Dz	平滑前的 x,y,z 方向位移场，单位：像素
DVC_R_D1/D2/D3	第 1,2,3 主应变
DVC_R_Dts	总位移场 $ts = \sqrt{Dx.^2 + Dy.^2 + Dz.^2}$
DVC_R_Ds	等效应变
DVC_R_Dv	体应变
DVC_R_Dx/Dy/Dz	平滑后的 x,y,z 方向位移场
DVC_R_Dxx/Dyy/Dzz	x,y,z 方向上的应变场
DVC_R_Dxy/Dyz/Dzx	剪应变

### 4.3 位移场坐标系投射

当前的位移场和应变场的数据均是在当前计算当前坐标系，有些事时候需要把应变场转换至变形后的坐标系。具体：

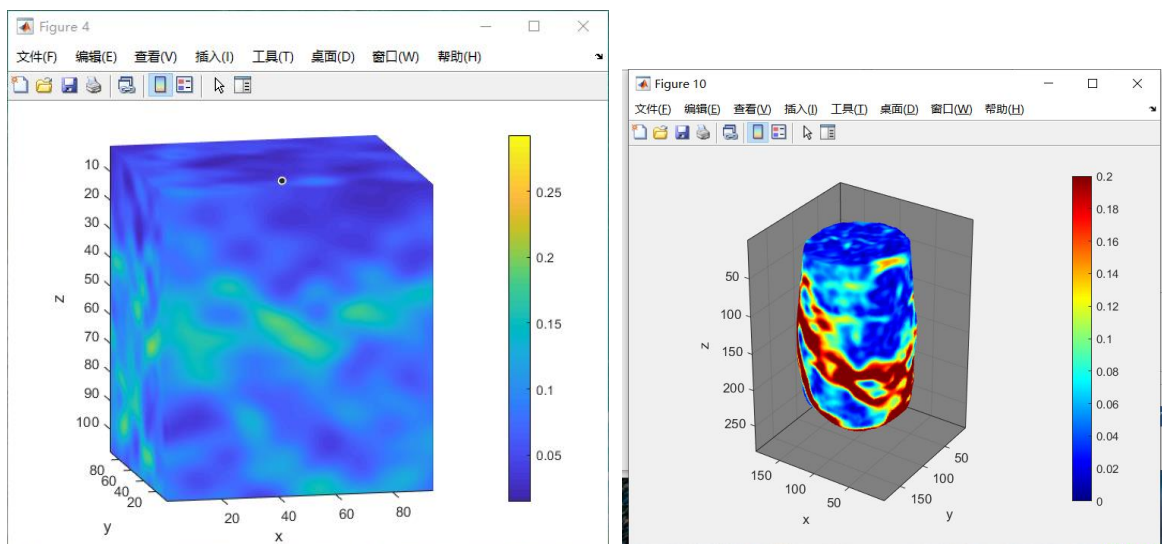
**【Data】** 选择 DVC.mat，**【strain】** 选择需要转换的应变场结果.mat，**【膨胀半径】** 选择小正整数，用于腐蚀表层边界误差；最后点击 **【转换】**，可生成‘xxx-Con.mat’形式结果。

## 五、后处理显示



### 5.1 三维剖面显示

- (1) 选择【Strain】计算结果，比如等效应变 Ds.mat，由于边界很容易出现计算错误，因此可以在 xyz 进行首尾端截取（比如上述界面，选取 V(30:end-30, 15:end-15, 122:end-12)），根据结果【切割显示】进行调整（如下图所示）。当参数确认后，同时会生成切割后的 Ds\_Cut.mat 数据，该数据用于后面曲面显示。【块体数据如下图所示左 1，如果进行标记计算的显示为右 1】

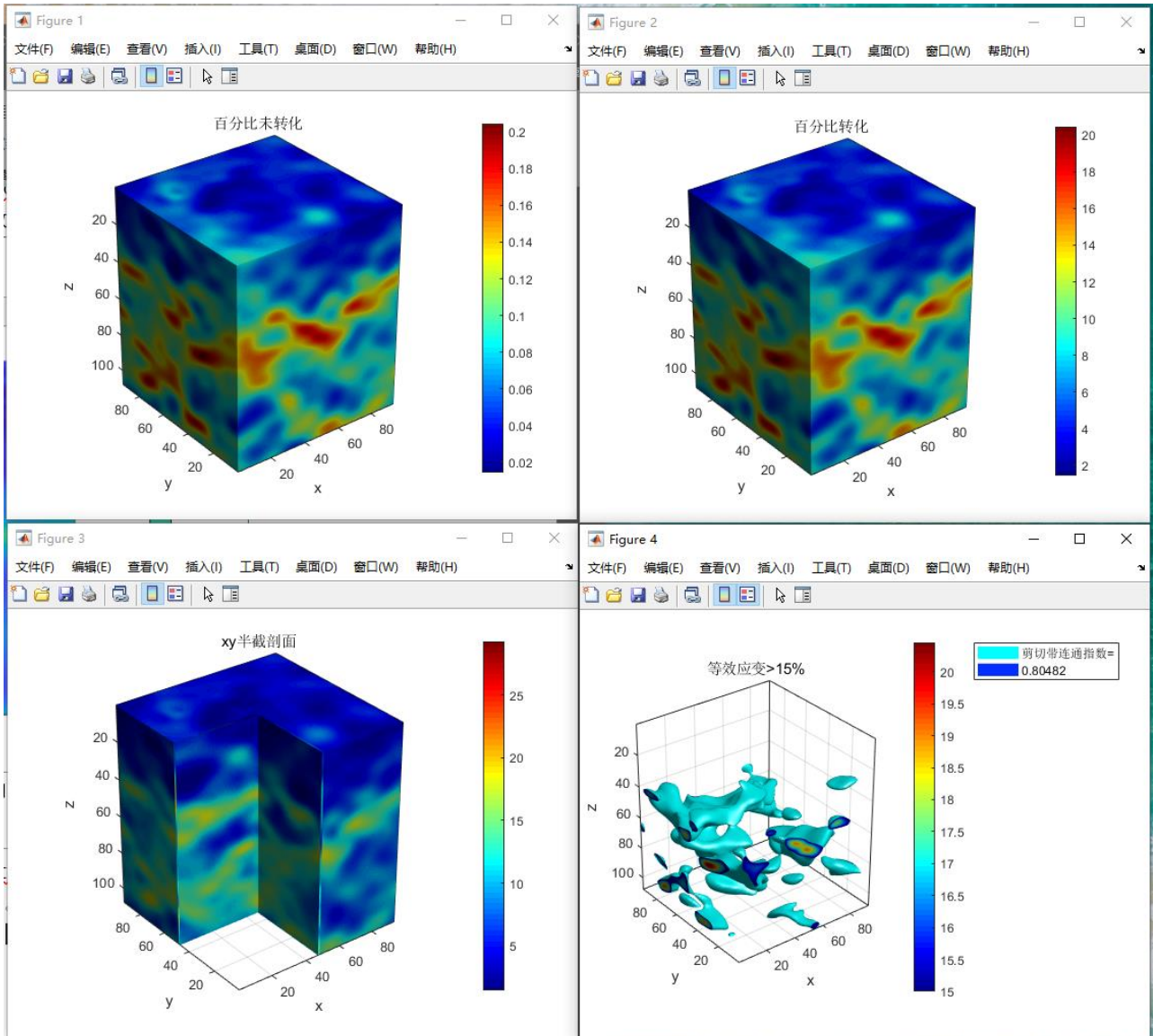


- (2) 当没有确认的显示数值范围时，【最小值】和【最大值】选择字符，比如“n”，此时会显示全部注释范围内的结果；当需要选择范围时可以直接选择需要显示的范围。
- (3) 2) 【Save】当执行完【切割显示】后想保存成 tif 图片可执行【Save】，用于第三方软件进行显示或

编辑。注：保存的是完整的数值范围，需要在命令窗口进行编辑保存所需要的数据范围。

## 5.2 三维曲面显示

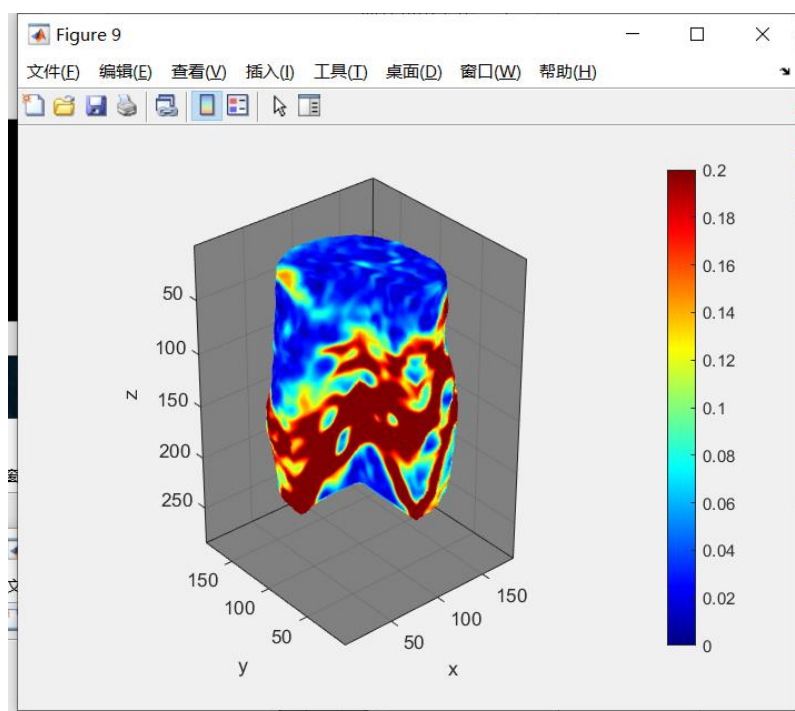
- (1) **【IsoFace】** 模块，**【边界颜色】**、**【曲面颜色】**、**【背景】**（0-1）和**【灯光】**（0-1）等根据自己需要调节，**【标题】**可以给图片添加标题；
- (2) **【转百分】**、**【xy Cut】** 选取；



- (3) 其中在计算剪切带过程中，可以同时计算剪切带的**连通性指数**。（连通性指数在[0,1]范围内，当剪切带完全连通时，连通性指数为 1，当理想完全离散孤立时，接近 0）。
- (4) 如果需要对体数据进行二次编辑，可以在**【命令窗口】**直接进行数据操作，可操作的数据变量为“V”，格式和**【DVC】**模块一样。
- (5) 要需要进行 1/4 块体切割显示，在**【命令窗口】**输入如下代码：

```
Vn = zeros(size(V), 'int8');
n = round(size(V,1)/2);
m = round(size(V,2)/2);
Vn(1:n, 1:m, :) = 1;
V(Vn == 1) = nan;
```

显示效果:





## 六、附件-交互执行代码

不能执行带有循环、判断等结构语句！全部是英文字符串

### 6.1 不规则形状计算区域标记

【Ca\_File】加载变形后的V.mat数据

```
V0 = evalin('base', 'V0');
Thred = [ 40, 1e3 ]; % 主体的阈值范围，一般会把大的调大值
Stre_open = 1; % 开运算结构半径
Stre_close = 30; % 闭运算接结构半径
Try = 1; % 1—尝试， 0—执行整体计算
SigNan( Parameter, Thred, Stre_open, Stre_close, Try, V0 );
```

### 6.2 采用云点显示不规则云场

```
V = evalin('base', 'V0');
[x, y, z] = ind2sub( size(V), find( ~isnan(V) ) );
s = single( V( sub2ind( size(V), x, y, z ) ) );
T = int16( [x, y, z] );
figure, pcshow([x(:),y(:),z(:)], s);
colormap('jet'); %设置色条
```

### 6.3 采用散点显示不规则云场

```
V = evalin('base', 'V0');
[x, y, z] = ind2sub( size(V), find( ~isnan(V) ) );
s = single( V( sub2ind( size(V), x, y, z ) ) );
T = int16( [x, y, z] );
figure, scatter3( x(:),y(:),z(:), 5, s, 'filled' );
axis equal;
colormap('jet'); %设置色条
colorbar;
xlabel( 'x' );
ylabel( 'y' );
zlabel( 'z' );
grid on;
set(gca,'color','none');
title('总位移');
```