

数字岩心软件JHNY-DPM 软件 使用指南



岩体多场耦合实验室

公众号

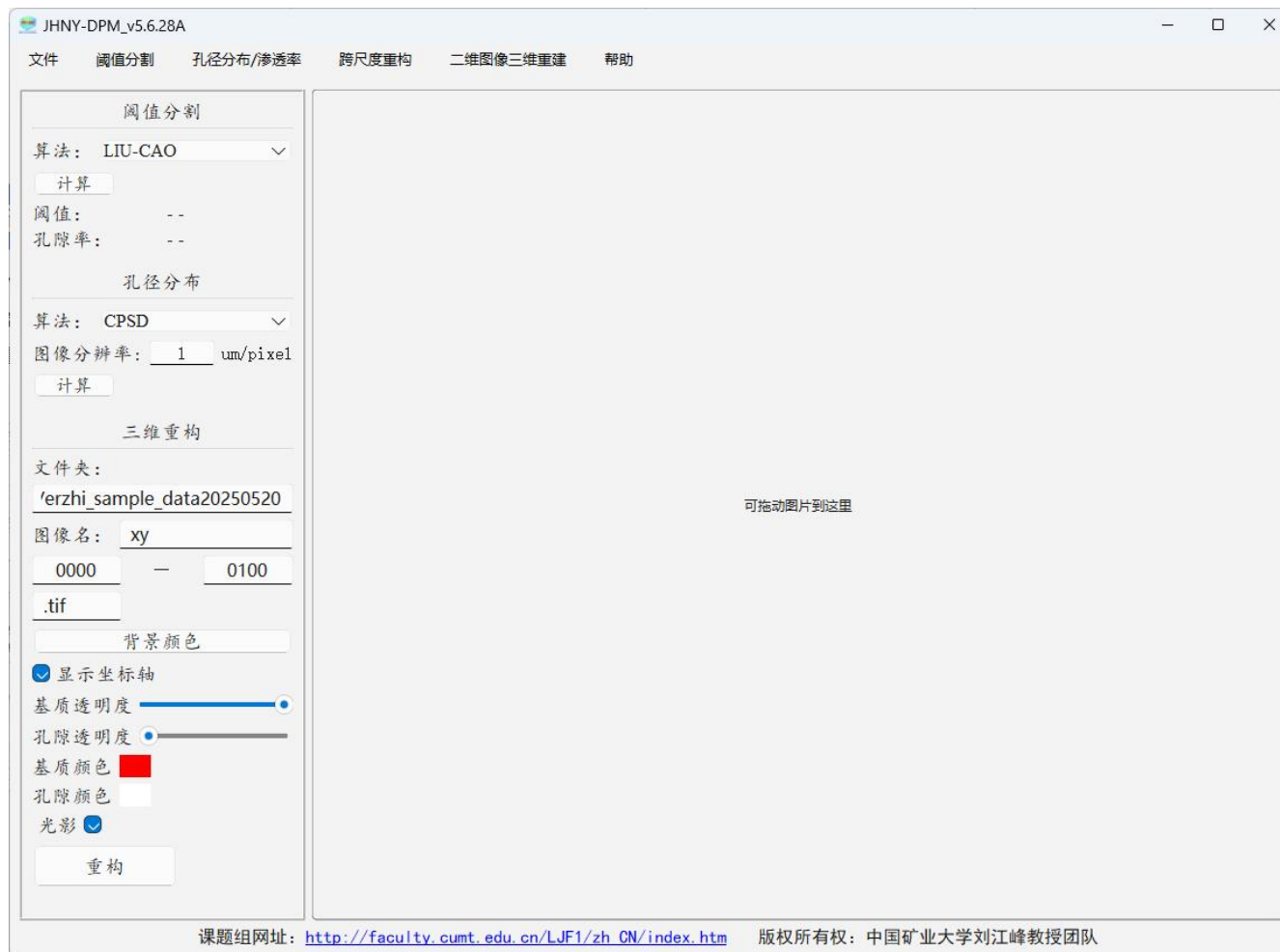


中国矿业大学刘江峰教授团队

jeafliu@foxmail.com jeafliu@hotmail.com

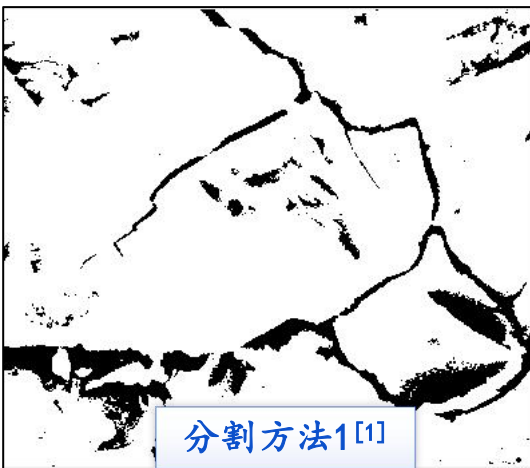
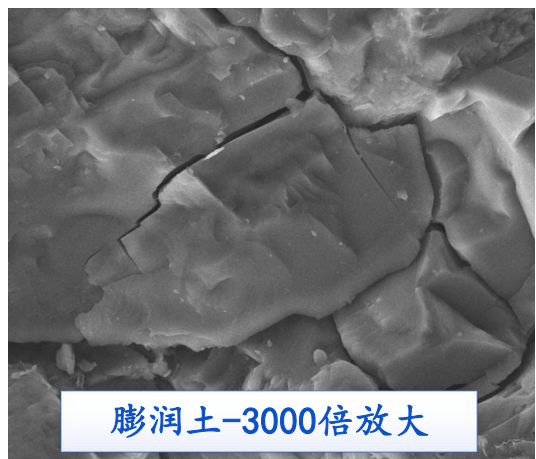
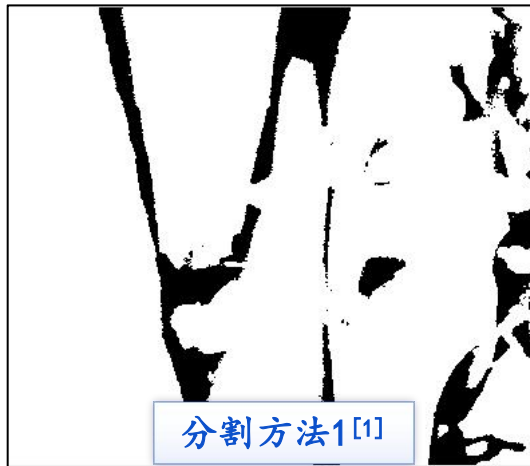
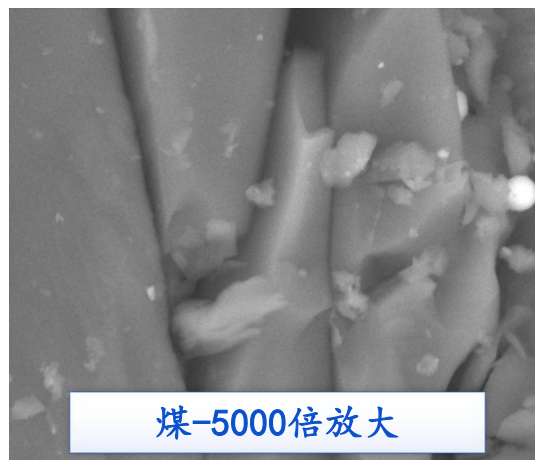
1. 研究背景介绍

- 基于Python语言开发具有自主知识产权的数字图像处理软件
- 具备阈值分割、孔裂隙结构定量表征、渗透率预测、跨尺度重构、三维展示和三维数字岩心重建等功能
- 可批量化处理大量图像样本



2. 功能介绍与演示-阈值分割

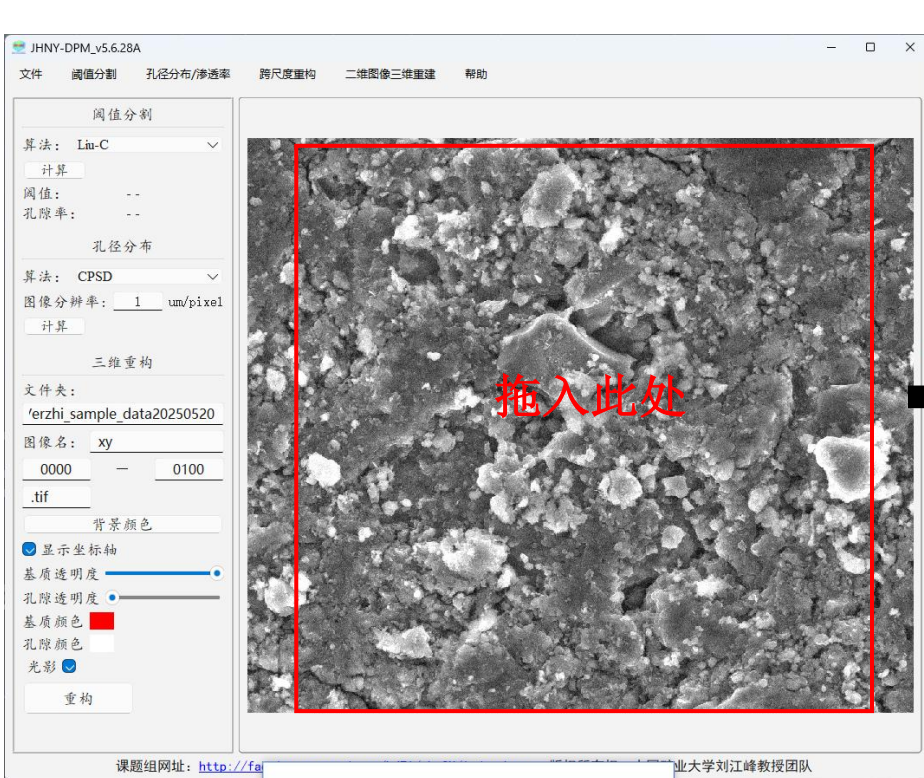
- 内嵌两种自研算法，高效准确获取孔隙-基质二值图及其孔隙率



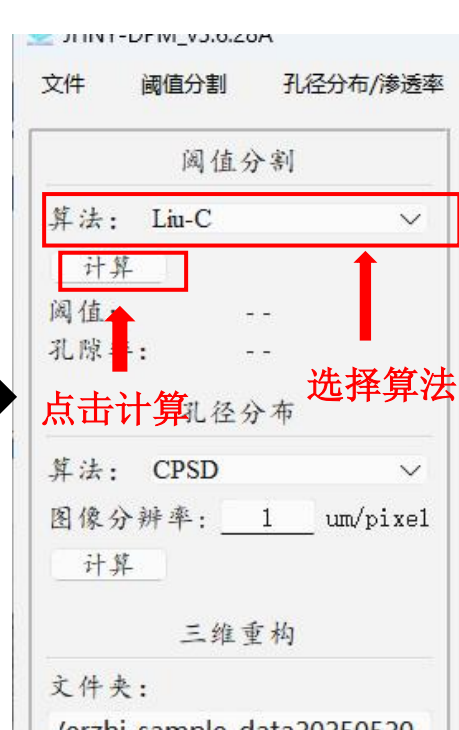
1. SB Song, JF Liu, et. al. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2020(190), 107074
2. JF Liu, XL Cao, et. al. Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources, 2020(6)

2. 功能介绍与演示-阈值分割

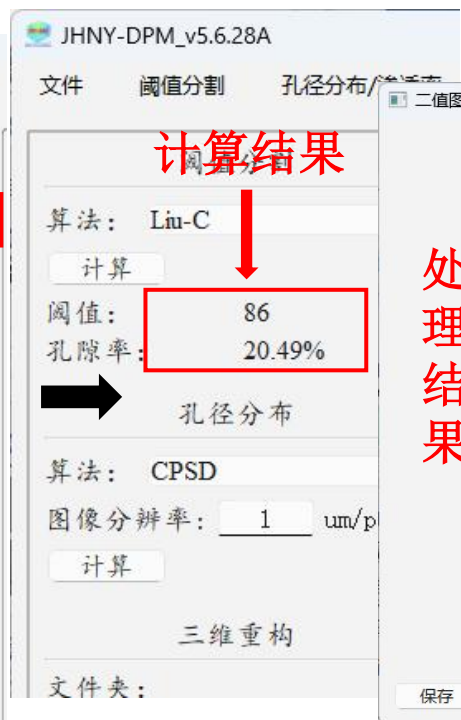
- 把需要处理的图像从文件夹中拖入右侧区域
- 选择想要使用的阈值分割算法，点击“计算”既可以完成处理
- 处理后的二值图片会展示在新的弹窗中，分割所的值和孔隙率显示在对应文本框内



软件初始页面



阈值分割页面

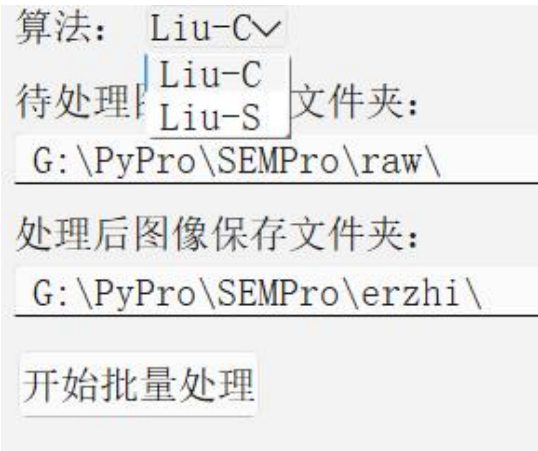


处理结果

结果展示界面

2. 功能介绍与演示-阈值分割

■ 大批量图像需要处理时，点击阈值分割-批处理，选择方法并填写路径后，可以获得处理结果



1 初始页面

2 算法选择

3 路径填写与处理界面



4 分割结果与信息查看

序号	阈值	孔隙率(%)	图像
1	86	20.49	bentonite.tif
2	95	7.66	coal.tif
3	102	13.81	FIB.tif
4	50	7.81	granite.tif
5	19	5.52	sli_05338.tif
6	110	19.29	sobel.tif
7	58	3.78	Test-CT-Shale.tif
8	43	31.66	煤.tif
9	55	27.65	煤8.tif
10	39	3.67	砂岩.tif
11	86	20.49	膨润土.tif
12	50	7.81	花岗岩4.tif

注意事项:

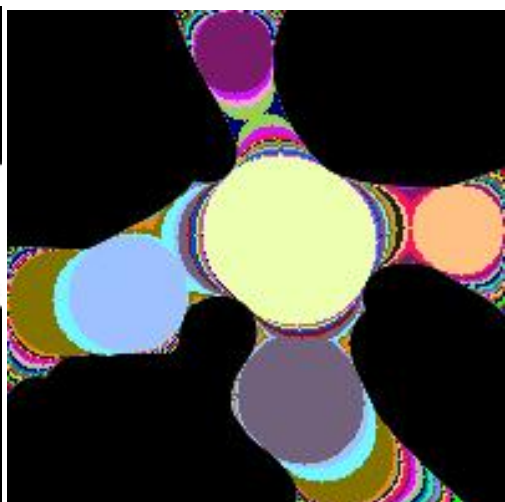
- raw、nc等非常规格式不可处理
- 三维图像(如三维tif/tiff)不可处理
- 白色基质，黑色孔隙（裂隙）

2. 功能介绍与演示-孔径分布+渗透率

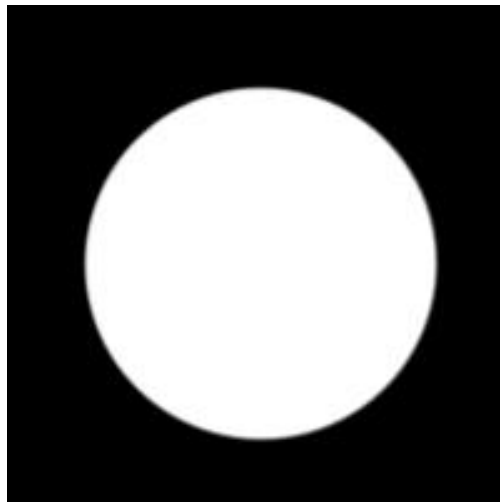
- 内嵌两种自研和两种经典孔径分布算法，实现基于二值图自动量测不同尺寸孔隙的半径、面积及其占比



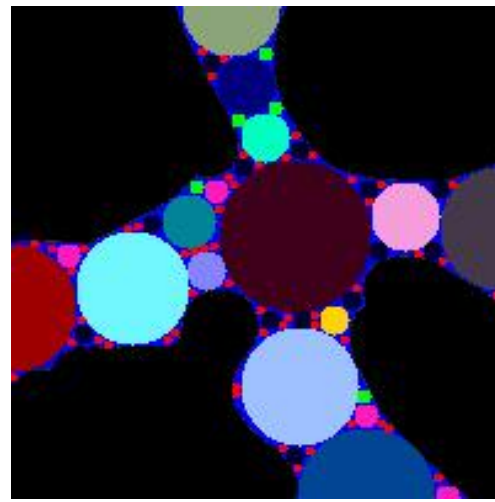
原孔隙



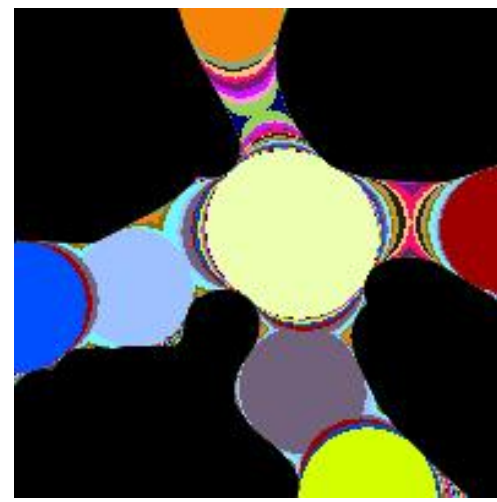
连续孔径算法^[1]
(CPSD)



离散孔径算法^[1]
(DPSD)



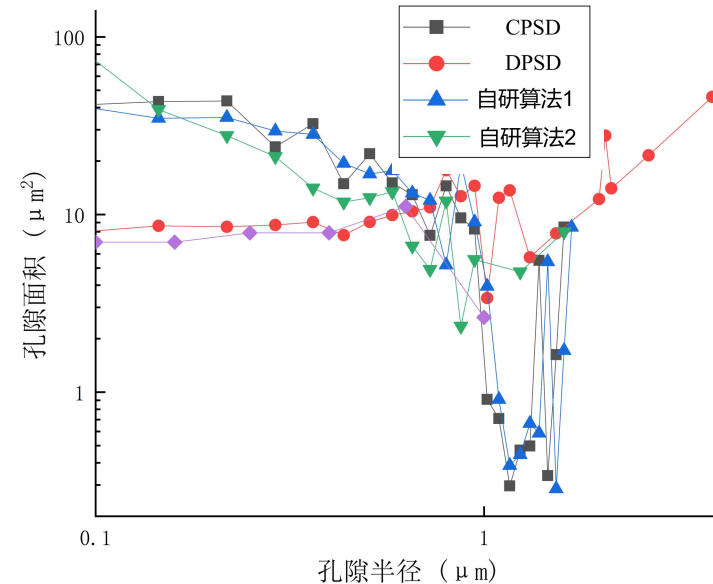
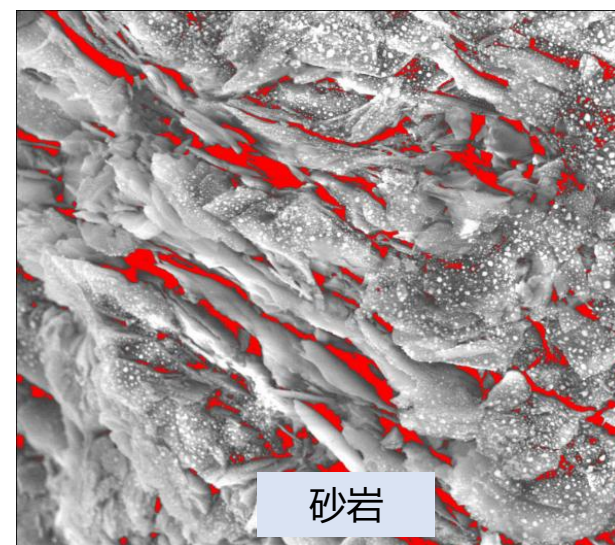
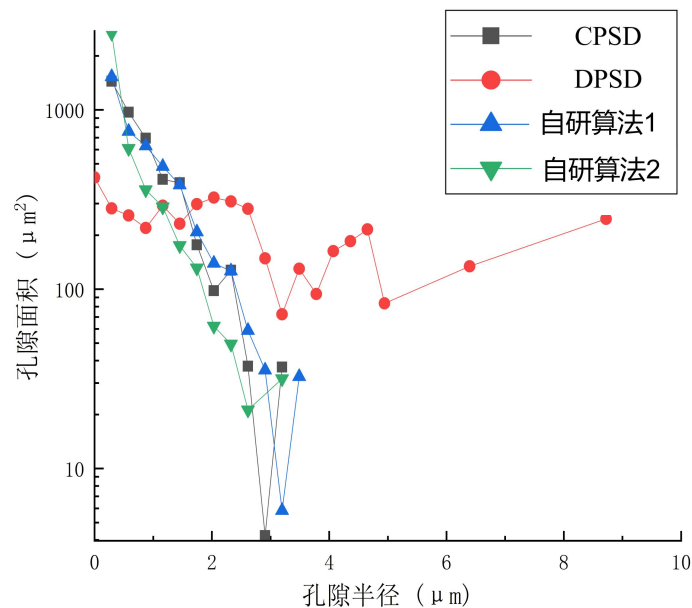
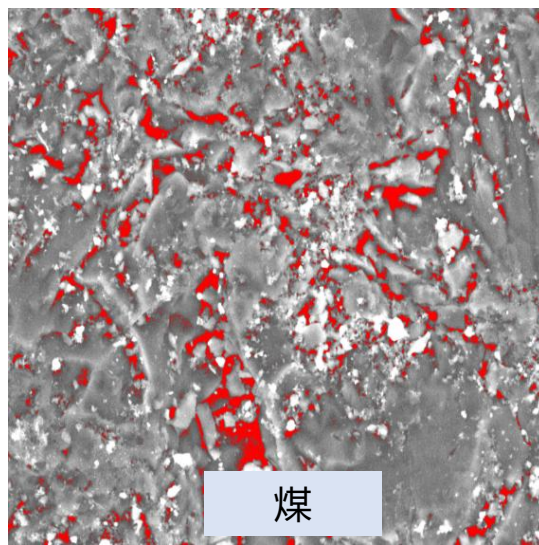
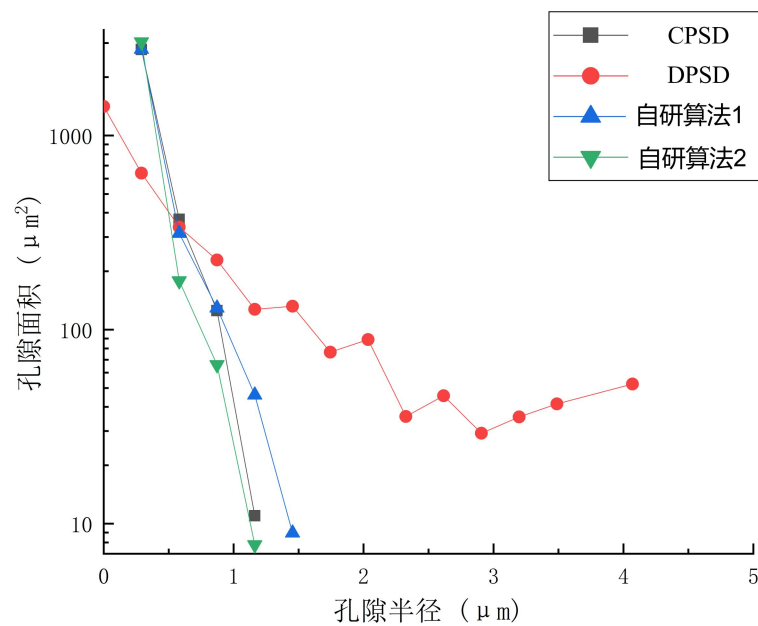
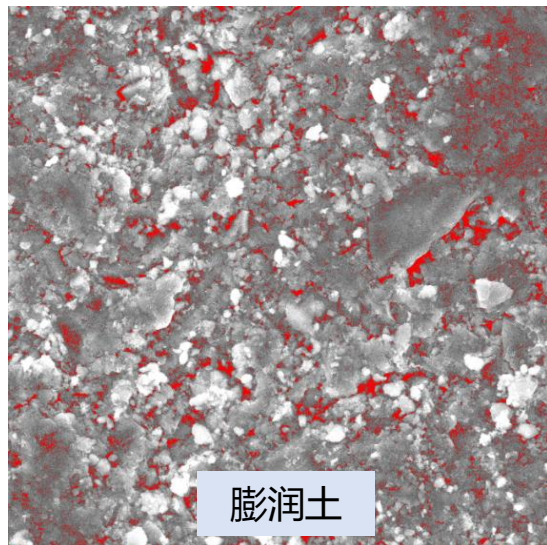
自研算法1



自研算法2

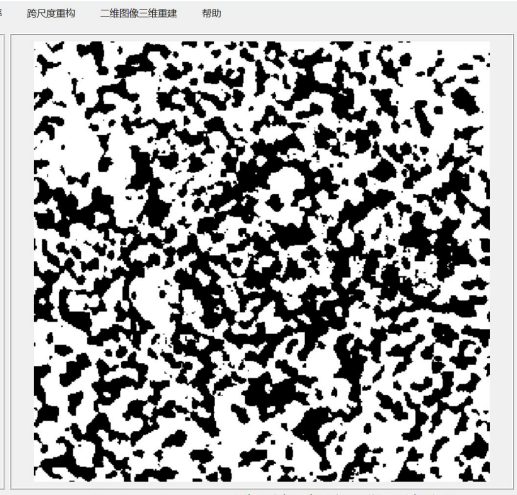
2. 功能介绍与演示-孔径分布+渗透率

■ 孔径分布测算效果对比

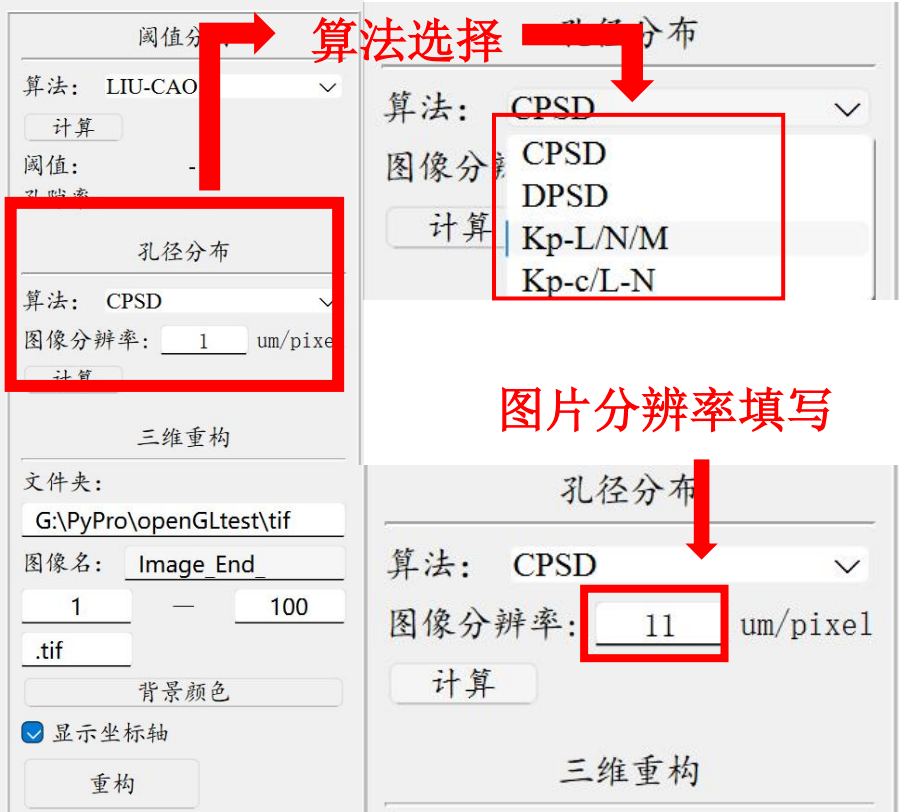


2. 功能介绍与演示-孔径分布+渗透率

- 将二值图片拖入右侧展示框；在左侧功能栏下拉算法选择计算孔径分布或渗透率；
- 输入图片的空间分辨率，点击计算，弹出的新窗口会显示计算后得到的孔径分布+渗透率推算结果



1 初始页面



2 参数设置

	半径	面积	面积比
1	11.0	82038.0	1.332
2	22.0	275396.0	4.4716
3	33.0	1000791.0	16.2498
4	44.0	1360403.0	22.0888
5	55.0	1547832.0	25.1321
6	66.0	948156.0	15.3952
7	77.0	496221.0	8.0571
8	88.0	259908.0	4.2201
9	99.0	188034.0	3.0531

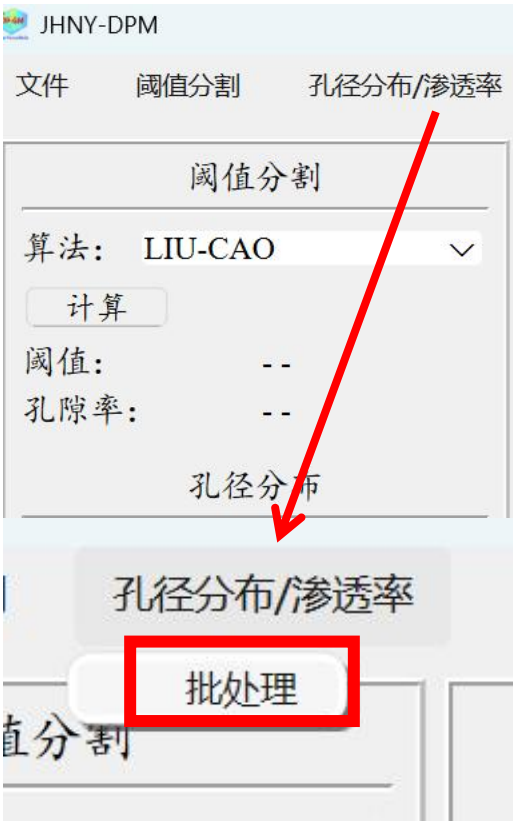
渗透率(H-P): 1.6425e-10
渗透率(贡献H-P): 2.7376e-11

3 计算结果

孔径分布结果

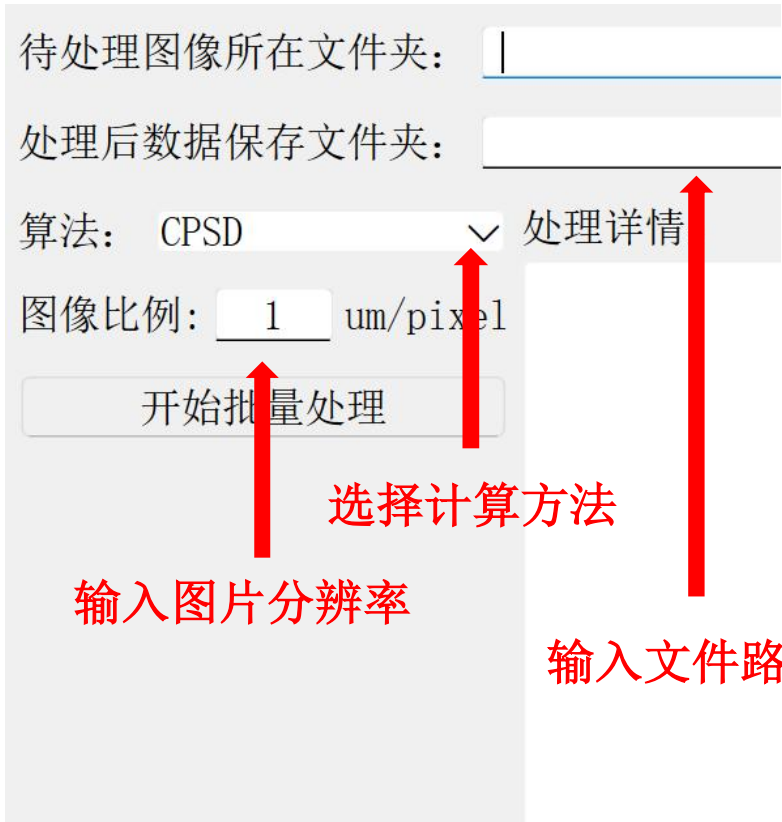
2. 功能介绍与演示-孔径分布+渗透率

■ 批量化处理操作流程



1 初始页面

孔径分布/渗透率下面的“批处理”



2 设置与路径填入

方式与前述环节相似，设置后点击“开始批量处理”



3 开始批量化处理

实时显示处理进度

2. 功能介绍与演示-孔径分布+渗透率

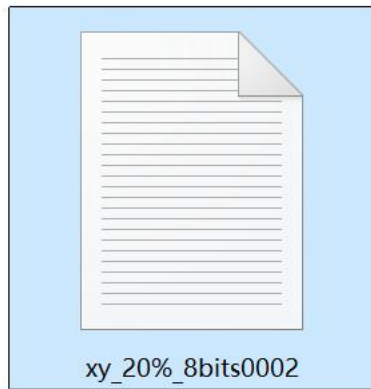
■ 批量化处理结果展示：填写的导出路径中存放有各图像的计算结果



xy_20%_8bits0000



xy_20%_8bits0001



xy_20%_8bits0002



xy_20%_8bits0006



xy_20%_8bits0007



xy_20%_8bits0008

文件	编辑	查看
H-P: 8.287118055555557e-12		
考虑贡献值的H-P: 1.9575862842181248e-12		
5	29550	8.1422
10	81825	22.5460
15	103400	28.4907
20	44275	12.1995
25	36225	9.9814
30	19200	5.2903
35	48450	13.3499
半径 (μm)	面积 (μm²)	占比 (%)

2. 功能介绍与演示-三维重构

■ 操作流程及注意事项：实现基于多张二维图像交互式查看三维体

三维重构

文件夹：

G:\PyPro\openGLtest\tif

图像名：

Image_End_

1

—

100

.tif

背景颜色

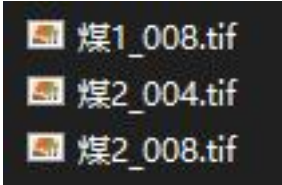
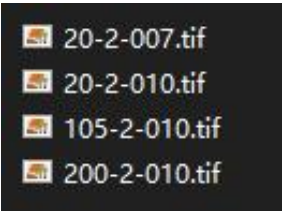
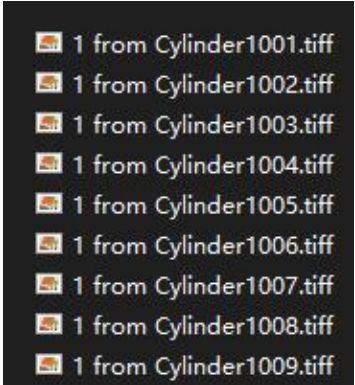
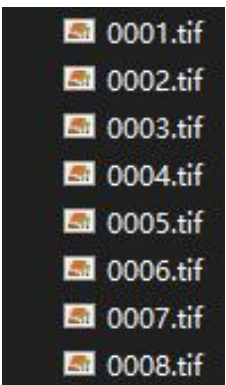
☒ 显示坐标轴

重构

1. 文件路径填写

- 灰度图/二值图均可
- 建议文件夹仅含有待显示图样
- 前缀有无均可，但应统一
- 序列号应例如0001, 0002, ...或001, 002, ...

注：若按1,2,3这种命名，程序会按1,10,11,...,19,2,20,21,...，导致读取顺序错乱



- 常见二维图像文件格式(后缀) 均可（如jpg/jpeg/tif/tiff）
- raw、nc等非正规格式或三维图像不可处理(如三维tif/tiff)

2. 功能介绍与演示-三维重构

■ 填写示例与结果展示

三维重构

文件夹:
D:\CT_Data\bentonite+sand

图像名: xy_20%_8bits

0000 — 0100

.tif

背景颜色

☒ 显示坐标轴

重构

选择图
片序列
号范围
和后缀

修改背景颜色

Select Color

Basic colors

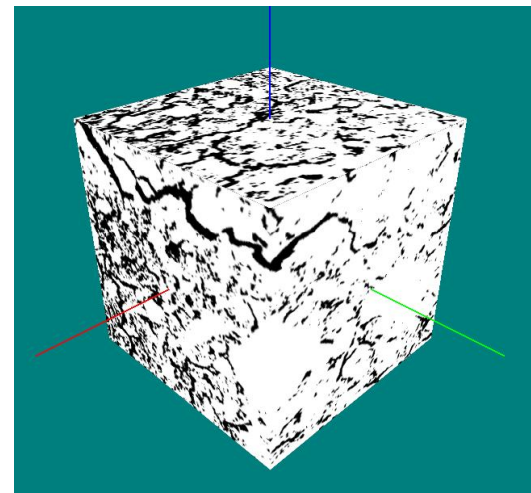
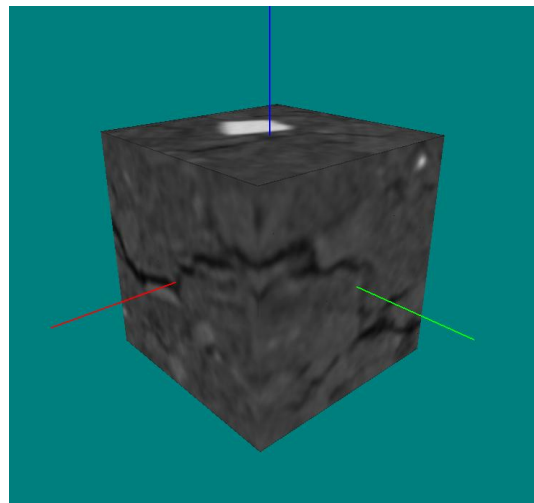
Pick Screen Color

Custom colors

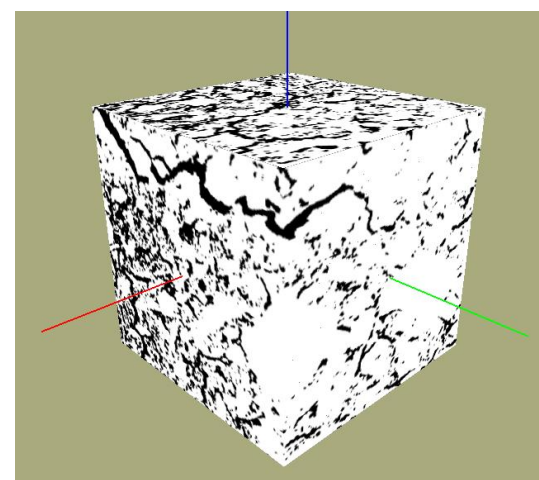
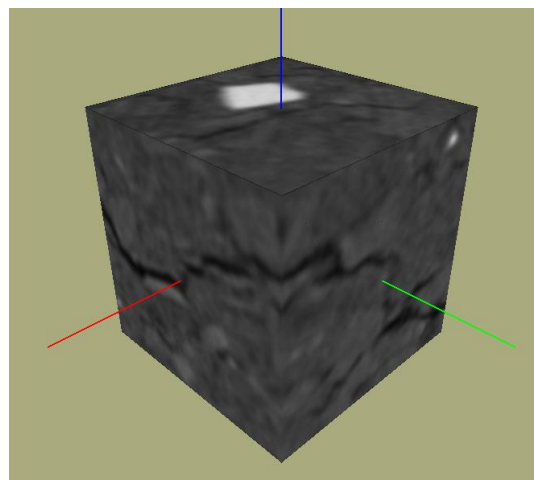
Add to Custom Colors

Hue: 0 Red: 255
Sat: 0 Green: 255
Val: 255 Blue: 255
HTML: #ffffff

OK Cancel



变换背景颜色



2. 功能介绍与演示-三维重构

■ 填写示例与结果展示

背景颜色

☒ 显示坐标轴

基质透明度

孔隙透明度

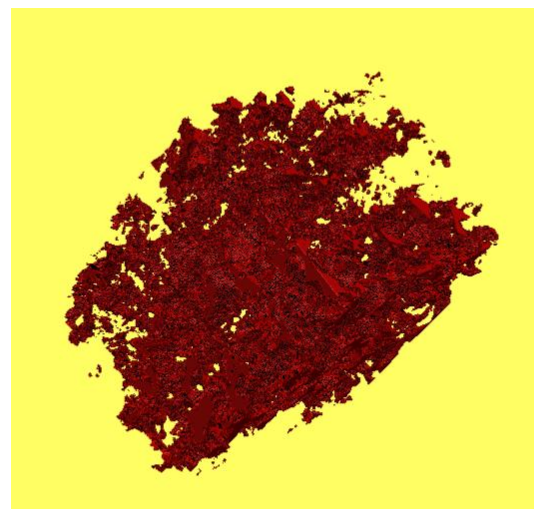
基质颜色

孔隙颜色

光影 ☒

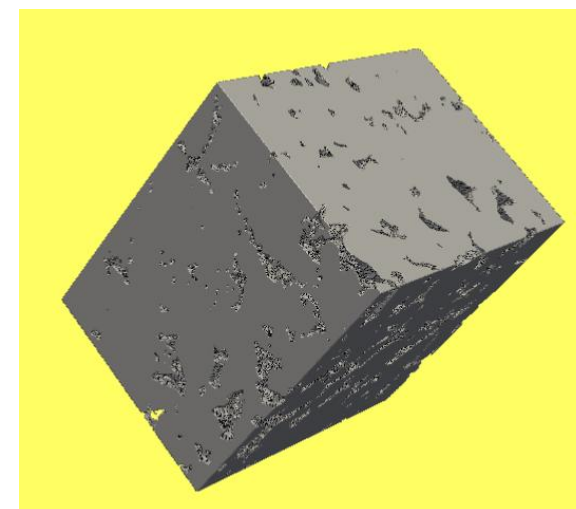
重构

调整透
明度



基质透明度

孔隙透明度



基质透明度

孔隙透明度

基质和孔隙颜色修改操
作方法同背景颜色修改

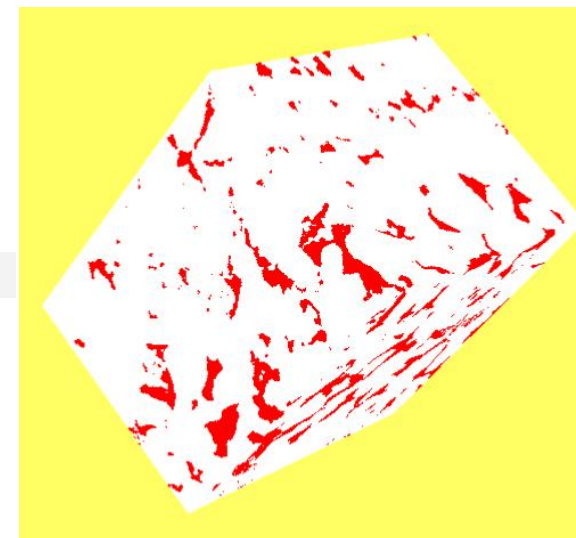


基质透明度

孔隙透明度



光影 ☐



去除光影的效果

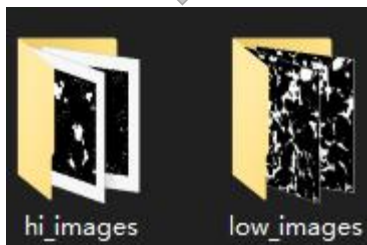
2. 功能说明与演示-跨尺度重构

■ 操作流程及注意事项



1 初始页面

点击“跨尺度重构”



2 待应用图样导入



3 参数设置

- 安装路径下MultiScaleRebuild\data文件夹放入待应用图像
hi_images放入高精度图像, **low_images**放入低精度图像
- spreadsize: 放大倍率差异=低分辨率/高分辨率
- outwidth: 输出最小图片尺寸 (可不经常改动)
- Hirepeat: 循环计算次数 (**待计算**)
- separatetimes : 针对跨度大时的多线程运算参数 (可不经常改动)
- 点击run后续等待一段时间后在MultiScaleRebuild\out\resizeImages文件夹中查看生成图像

参数设置技巧

$\text{spreadsize} \times \text{低分辨率图数目} = \text{hirepeat} \times \text{高分辨率图数目}$
如共用10张分辨率0.5微米每像素和20张分辨率1微米每像素图样,
则spreadsize=2,

$$2 \times 20 = \text{hirepeat} \times 10$$

所以hirepeat设为4

2. 功能说明与演示-跨尺度重构

■ 运行原理

1. 先行条件：高分辨率图像数目 $\times$ hirepeat = 低分辨率图像数目 $\times$ spreadsize

2. 运行原理：分为四步。

(1) 首先对放入low_images文件夹下的低分辨率图像进行处理

原则：把所有低分辨率图像 $\times$ spreadsize $\rightarrow$ 放大成新的图像，宽和高分别记为W,H

解析：a. 图像的放大遵循双线性插值原理，放大只增加物理尺寸（pixels的数目），不提高图像分辨率；

b. 理论上放大多少倍均可，为了使其具有实际意义，将spreadsize设置为高低分辨率的倍数差。

(2) 将高分辨率图像进行拼接，拼接成的图像的尺寸与放大后低分辨率图像一致，均为W,H

原则：a. 拼接规律是从左到右，从上到下依次拼接；

b. 横向拼接次数=W/高分辨率图像的宽；纵向拼接次数=H/高分辨率图像的高

c. 如果图片数量不够，按照参数repeat的值，对图像数量进行增加

解析：拼接后的高分辨率图像在大小上，与放大后的低分辨率图像一致；数量上只多不少（多的直接忽视）。

2. 功能说明与演示-跨尺度重构

■ 运行原理

(3) 将对应的高分辨率与低分辨率图像进行“融合”

原则：a. 两者在数量上要保持一致

b. 按位于操作&进行融合

解析：两种分辨率的图像的“融合范围”为低分辨率图像的孔隙与基质像素的边界交汇区域，从而减少孔隙与基质主体区域的重复操作，提高算法速度的同时，保护低分辨率模型的精度。

(4) 将融合后图像进行缩放，变为原始尺寸

原则：a. 缩放经过两次

b. 第一次对拼成大图的每个小图进行缩放

第二次对缩放后的小图拼接成的大图再次进行缩放

解析：经过两次缩放后的图像，其尺寸与原始低分辨率图像的尺寸一致；由于对不同目标分别进行了缩放，孔隙结构更加接近真实情况。

3. 图像准备及参数设置

(1) 图像准备：a. 为了减少设置参数时的复杂性，建议原始图像均裁剪成方形

b. 为了使重构的图像具有更真实的结构，两类图片的数量不应相差很大

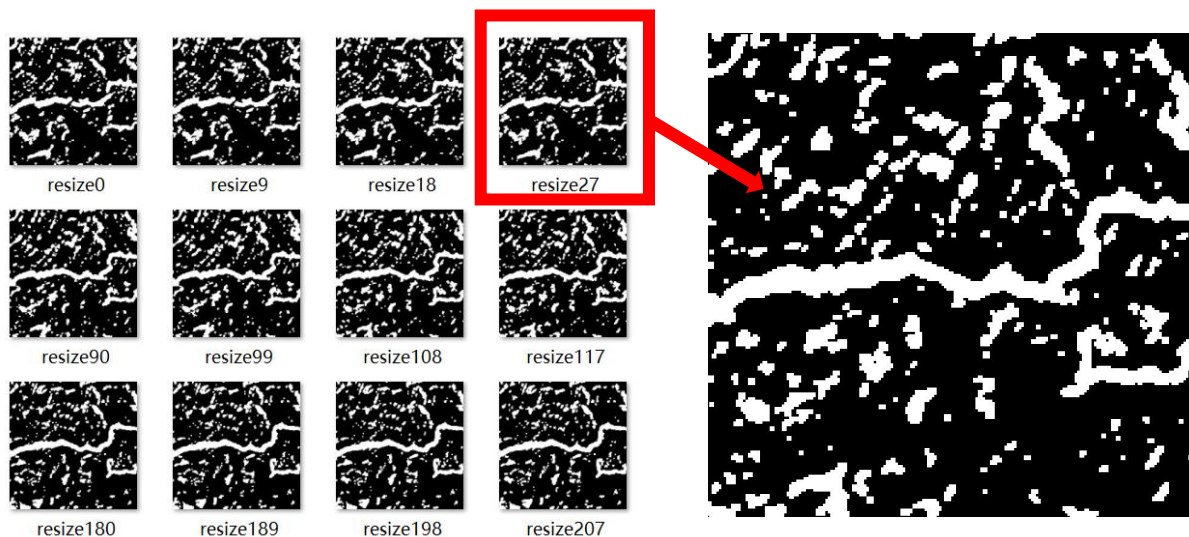
2. 功能说明与演示-跨尺度重构

■ 运行原理

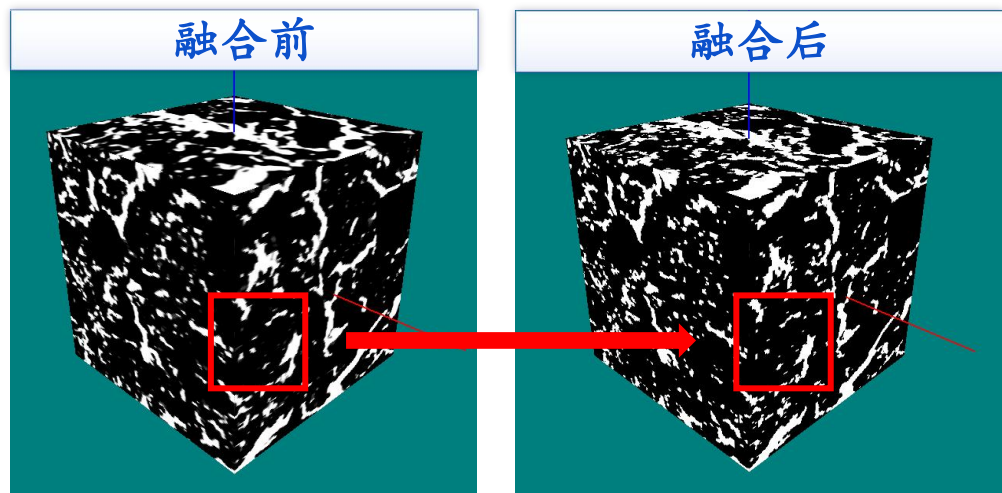
(2) 参数设置

先行条件：高分辨率图像数目 $\times$ hirepeat = 低分辨率图像数目 $\times$ spreadsize

- a. 参数hirepeat的操作对象是pixel，只关注图像的大小，不具有物理意义，应当后设
- b. 参数spreadsize的操作对象是低分辨率图像，同时对所有低分辨率图像进行放大处理；应设置为图像低分辨率与高分辨率的倍数差， $\text{spreadsize} = \text{低分辨率} / \text{高分辨率}$
- c. 在确认好spreadsize值后，利用先行条件公式，即可求得hirepeat的值。



跨尺度融合后图片二维展示



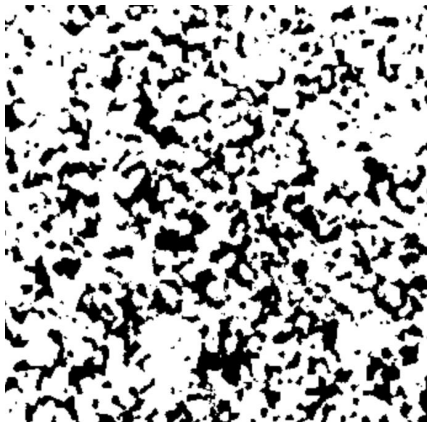
跨尺度融合前后三维图像对比

2. 功能说明与演示-三维数字岩心重建

■ 实现二维孔隙结构重建三维孔隙结构功能



- 原理:
- (1) 提取图像的空间统计分布特征信息: 两点概率函数和线性路径函数
 - (2) 基于SA重构原理计算图像的能量并更新
 - (3) 基于CA原理进行图像的像素转化
 - (4) 结合CA原理的SA算法重构生成三维图像



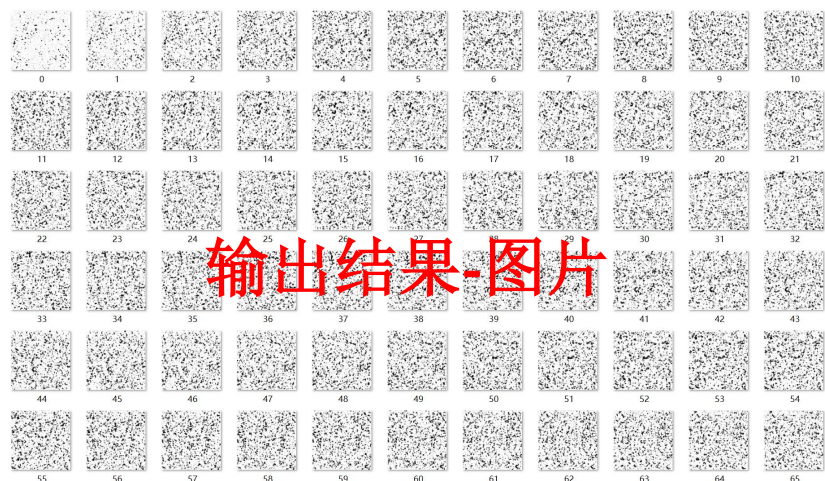
误差为: 0.1578384503683595

size	point	line
0	0.8437	0.8437
1	0.7975	0.7975
2	0.7852	0.7636
3	0.7708	0.7356
4	0.7544	0.703
5	0.7399	0.6675
6	0.7404	0.6475
7	0.7257	0.6181
8	0.7125	0.5861

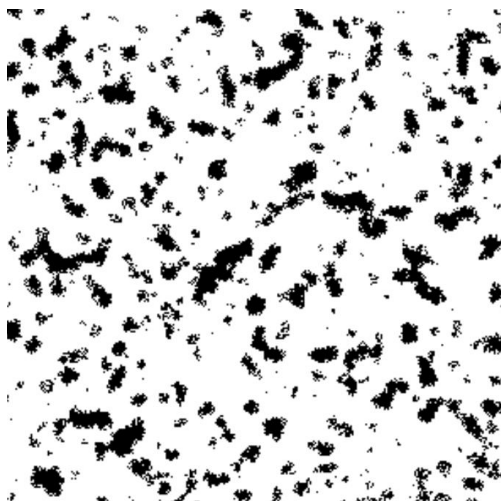
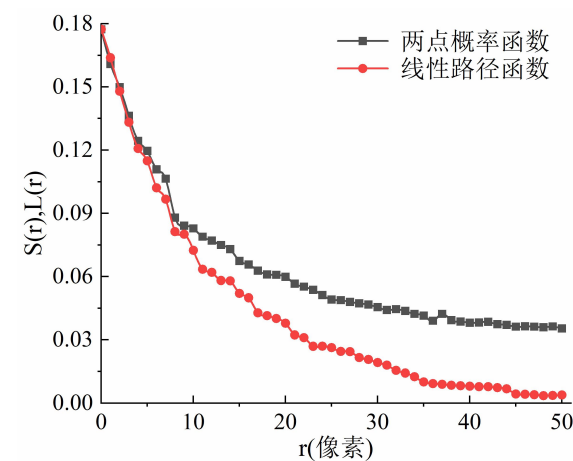
原始图片及统计信息展示

2. 功能说明与演示-三维数字岩心重建

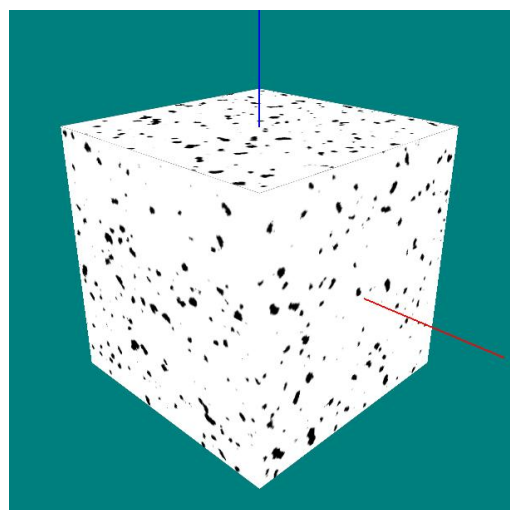
■ 实现二维孔隙结构重建三维孔隙结构功能



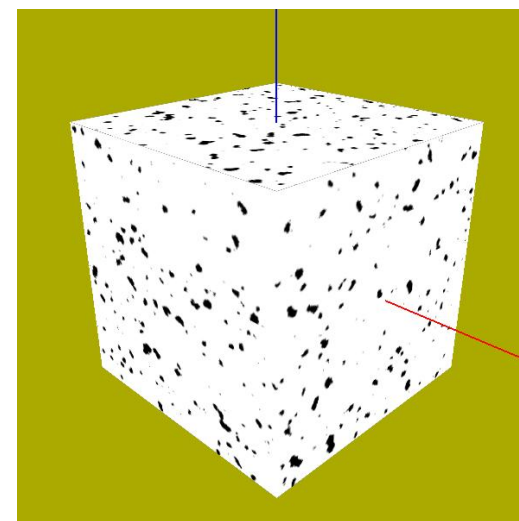
输出结果-形态
学统计信息



模拟退火重构图片示例



重构图片三维展示



3. 相关专利

■ 部分已授权专利

- 1.刘江峰, 马士佳, 等. 基于形态变换和图论算法的数字岩心有效渗透率计算方法, 2025.01.13, ZL202410447019.4,
- 2.刘江峰, 王阳光, 等. 一种岩土体孔裂隙结构多尺度表征方法, 2024.03.26, ZL202011021471.2
- 3.刘江峰, 马士佳, 等. 一种基于岩土体材料数字图像三维结构表征方法, 2024.04.19, ZL202110346356.0
- 4.刘江峰, 马士佳, 等. 一种基于图像的孔隙特征计算方法, 2024.2.23, ZL202011174808.3
- 5.刘江峰, 马士佳, 等. 一种基于岩体数字图像的大批量样本获取方法, 2024-03-15, ZL202110260737.7
- 6.刘江峰, 马士佳, 等. 基于三维微观图像的岩土材料有效渗流路径表征方法, 2024.3.23, ZL 202310845574.8
- 7.刘江峰, 马士佳, 等. 一种基于相邻图像孔隙融合重构的岩土体渗透率计算方法, 2024.3.22, ZL 202310317640.4
- 8.刘江峰, 曹栩楼, 等. 一种基于三维成像技术的岩土体渗透率计算方法, 2023.05.09, ZL 201910261162.3
- 9.刘江峰, 曹栩楼, 等. 一种岩土体材料数字图像的分割阈值确定方法, 2023.04.25, ZL 201910174541.9
- 10.刘江峰, 林远健, 等. 一种改进型基于数字图像三维模型重构方法, 2023.09.19, ZL 202110281772.7
- 11.刘江峰, 宋帅兵, 等. 基于二维数字图像连续孔径分布的计算方法, 2019.11.19, ZL 201810047752.1