

非接触光学测量

RSM-ODA

非接触光学三维 变形测量系统 使用说明书

OPERATING
INSTRUCTIONS



武汉中岩科技股份有限公司

Wuhan Sinorock Technology Co.,Ltd

地址：武汉市东湖高新区民族大道163号中岩
(CBI)科技产业园

邮政编码：430074

邮箱：whrsm@whrsm.com



企业总机：

027-87198699



网址：www.whrsm.com

关注官方微信，获取更多产品资讯



目 录 CATALOG

www.whrsm.com

● 第一章 序言	1
1.1 安全	2
1.2 特性	2
1.3 指标	3
1.4 约定	3
1.5 警告	3
● 第二章 仪器组件和外围设备	4
2.1 仪器组件	4
2.1.1 系统组件图	4
2.1.2 相机及光源	4
2.2 外围设备	5
● 第三章 硬件与软件的安装	6
3.1 硬件安装	6
3.1.1 硬件组成部分	6
3.1.2 硬件安装	7
3.2 软件安装与运行	8
3.2.1 软件安装	8
3.2.2 软件运行	9
3.2.3 软件界面	9
● 第四章 系统功能说明	11
4.1 照相操作	11
4.1.1 打开相机	11

第一章 序言

感谢您使用武汉中岩科技股份有限公司的产品RSM-ODA非接触光学三维变形测量系统，您能成为我们的用户是我们莫大的荣幸。为了您能尽快熟练掌握该非接触光学三维变形测量系统，请务必仔细阅读本使用手册及随机配送的其他相关资料，以便您能更好的使用本仪器。

请您仔细核对您所购仪器及其配件，并要求本公司工作人员认真填写交接单。购买仪器后，请您认真仔细阅读仪器的相关资料，以便了解您应有的权利和义务。

武汉中岩科技股份有限公司生产的非接触光学三维变形测量系统是设计先进、制造精良的高科技产品，在研发和制造过程中经过了严格的技术评测，具有很高的可靠性。即便如此，您仍可能会在使用的过程中遇到一些问题，甚至会对该产品的质量产生怀疑。为此，我们在手册中进行了详细说明，以消除您的疑虑。如果您在仪器的使用过程中遇到问题，请查阅本使用手册相关部分，或直接与武汉中岩科技股份有限公司联系，感谢您的合作。

4.1.2 图像采集	11
4.1.3 关闭相机	13
4.2 通用图像处理	14
4.2.1 图像格式转换 (Image Format Conversion)	14
4.2.2 定义考察区域 (Boundary Definition)	14
4.2.3 伪彩色显示 (Pseudo color)	16
4.3 二维实时位移和应变测量	19
4.4 位移分布分析计算	19
4.4.1 二维DIC位移分布分析计算	19
4.4.1.1 选取给定点的序列图相关处理	19
4.4.1.2 选定两幅图进行相关处理	21
4.4.1.3 序列图与固定参考图之间相关处理	22
4.4.2 三维DIC位移分布分析计算	24
4.4.2.1 双相机系统标定	24
4.4.2.2 选取给定点的序列图相关处理	26
4.4.2.3 三维位移场序列图像分析	29
4.5 应变分布分析计算	31
4.5.1 二维DIC应变分布计算	31
4.5.1.1 根据位移场数据计算应变场(单幅图像)	32
4.5.1.2 根据位移场数据计算应变场(序列图像)	34
4.5.2 三维DIC应变分布计算	34
4.5.2.1 根据位移场数据计算应变场(单幅图像)	35
4.5.2.2 根据位移场数据计算应变场(序列图像)	36
4.6 数字图像相关后处理	37
第五章 常见故障及排除	39

1.1 安全

为了确保您的产品寿命，更好的为您服务，请您在使用过程中，注意以下事项。

- （1）相机与照明灯需使用我单位提供的电源适配器，以免发生故障。
 - （2）不要在插头连接松弛的地方使用电源适配器。
 - （3）本系统使用电压均为220V，注意用电安全。
 - （4）系统的使用环境应保证干燥清洁，避免强烈振动。
 - （5）相机为精密仪器，安装与使用时应轻拿轻放。
 - （6）相机在使用时避免手指触碰镜头，使用完成后应及时盖上镜头盖，防止灰尘对光学器件造成污染。
 - （7）系统在完成使用后，注意关闭电源，防止相机过热与照明灯的损坏；相机和照明灯应及时收纳在随机配备的仪器箱内，防止零件丢失。
- 如果本仪器运行有所失常，请勿擅自拆装本仪器，修理事宜请与我单位联系。

1.2 特性

- ◎ 测量不限于单点，可全场动态实时应变分布测量；可更加便捷识别临界破坏点。无需再次试验即可从之前获取的图像提取关注信息；
 - ◎ 不受试样的几何形状限制，测量范围可从小尺寸试样到大型零件，应变范围从微应变到大应变；
 - ◎ 无需再次试验即可从之前获取的图像提取关注信息；
 - ◎ 具有实时测量能力。通过选定多个测量点，实时输出测量的三维动态位移；
 - ◎ 自动标定技术和自动输数据处理使整个操作过程变得更加简单易用和高效便捷；
- 利用物面固有纹理，或制备随机分布的散斑，使用单一白光照射，只需对准被测物进行图像采集，既不需要激光或其他特殊照明，也无需光学隔离即可得到准确测量。

1.3 指标

RSM-ODA非接触光学三维变形测量系统		
二维	图像分辨率	1600×1200像素
	单次测量范围	以选用的成像镜头而定
	图像采集速率	满帧状态下20帧/秒，多种速率可调
	实时应变测量速率	≤40Hz
	测量灵敏度	位移：0.01像素；应变：5微应变；
	应变测量范围	0~300%
三维	单次测量面积	10mm ² ~1m ²
	图像分辨率	1600×1200像素
	图像测量灵敏度	0.05像素
	图像应变测量精度	10 微应变
	应变测量范围量程	0~500%应变
	精确的图像标定算法	张氏标定
	多尺寸图像标定板	按用户需求
	变形输出形式	弹性应变、工程应变、格林应变、对数应变等
	镜头焦距	16/25mm

由于产品升级，相应指标后续可能会有变动，请以中岩官方网站产品性能指标为准。（网址：www.whrsm.com）

1.4 约定

注意：指用户在仪器使用过程中应予以特别注意的过程或操作。

1.5 警告

作为非接触光学三维变形测量系的使用者，必须遵守以下几点：
坚持按照指定的维护周期进行维护。
只能按照本测量系统既定的用途使用本系统。

第二章 仪器组件和外围设备

2.1 仪器组件

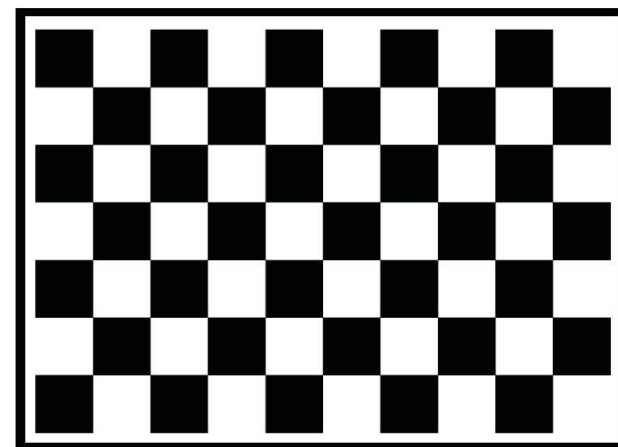
▲ 2.1.1 系统组件图



▲ 2.1.2 相机及光源



2.2 外围设备



标定板

第三章 硬件与软件的安装

本系统是基于Windows7系统开发，结合了图像采集系统和数字图像相关分析系统。主要用来对试验中图像的采集并对采集的试件表面散斑原图进行分析、计算的处理，自动快速的得到全场的位移、应变信息，实现了数字图像相关方法的自动化，本系统适合于高等院校与科研部门的教学和相关科学研究。主要功能包括：

- (1) 图像采集功能；
- (2) 通用图像处理；
- (3) 二维实时位移和应变测量；
- (4) 位移分布分析计算；
- (5) 应变分布分析计算；
- (6) 数字图像相关后处理。

3.1 硬件安装

▲ 3.1.1 硬件组成部分

RSM-ODA标配装置主要包括以下几个部分：

- (1) 计算机
- (2) 三脚架
- (3) 软件狗
- (4) 光源
- (5) CCD摄像机与镜头

▲ 3.1.2 硬件安装

从仪器箱中取出计算机，三脚架，CCD摄像机与镜头以及摄像机电源线与千兆网线。首先将摄像机与镜头装配好，注意装配时摄像机的靶面应避免灰尘污染；其次，将摄像机固定在三脚架上（见图3-1），



图3-1 双相机系统

相机固定后，将摄像机电源线与摄像机背面的六针接口连接（见图3-2）；最后，将网线的一端与摄像机的背面的网口连接，另一端与计算机的网口连接。考虑到笔记本电脑只有一个千兆网口，本系统中使用了一个USB3.0千兆以太网转换器（见图3-3），使得笔记本电脑拥有了双网口。在两个相机同时打开的情况下，对应USB3.0千兆以太网转换器连接的相机为软件中打开的Camera1(左相机)，另外一个则为Camera2(右相机)，（见图3-4）。

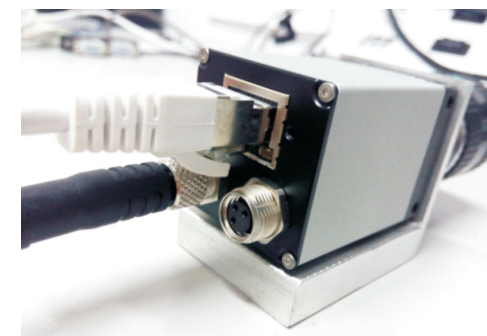


图3-2 相机接口连接示意图



图3-3 相机网线与笔记本连接示意图



图3-4 左右相机示意图

3.2 软件安装与运行

▲ 3.2.1 软件安装

打开RSM-ODA安装包并解压，解压后的文件中由三个文件组成：软件狗驱动 (SoftDog_Driver_4.0.0.0)，DIC安装程序 (RSM-ODA_Setup.exe)，RSM-ODA说明书.pdf。

安装步骤如下：

(1) 首先必须在对应的计算机上安装软件狗驱动，打开目录 SoftDog_Driver_4.0.0.0 下 Driver 文件夹，运行 SoftDogInstdrv.exe 点击

安装按钮来安装驱动程序，该程序可自动识别操作系统，并提示安装状态，根据提示完成安装。

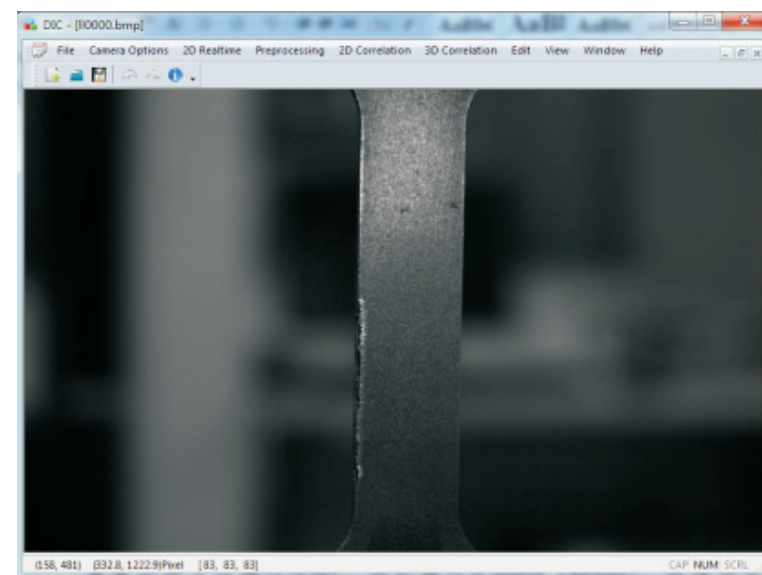
(2) 运行 RSM-ODA_Setup.exe 点击安装按钮来安装程序，根据提示完成安装。生成主程序 RSM-ODA。

经过完成以上两个步骤，软件的安装全部结束。

▲ 3.2.2 软件运行






完成所有安装后，在开始菜单栏中找到 RSM-ODA 文件夹并运行 RSM-ODA。**注意：**在运行 RSM-ODA 之前，必须先在计算机的 USB 接口插入对应的软件狗，才能正常运行 RSM-ODA 程序。且在程序的运行过程中请勿拔出软件狗，否则会造成程序运行终止。

▲ 3.2.3 软件界面



软件界面分为菜单、工具栏、图像显示区、状态栏四部分。

菜单包括文件操作(File)、相机操作(Camera Options)、实时位移和应变测量 (2D Realtime)、图像预处理(Preprocessing)、二维DIC分析(2D Correlation)、三维DIC分析(3D Correlation)等功能。

工具栏包括新建文档 、打开图像 、另存图像 、Undo 、Redo  快捷图标。打开图像功能是用来打开一个图像文件并在一个新的窗口显示，本软件支持的图像文件格式仅限于bmp格式；另存图像是用来保存处理后的图像；Undo功能，撤销当前操作；Redo功能，回到本次操作。

图像显示区则用来显示打开的图像以及图像处理后的图像。


状态栏显示三组数字：第一组为鼠标指定点在当前子窗口的显示坐标；第二组为鼠标指定点相对于整个图片的逻辑坐标，在本软件中，在对话框中输入的均为逻辑坐标，是指定点的真正坐标；第三组为鼠标指定点的灰度值。

第四章 系统功能说明

4.1 相机操作

相机操作(Camera Options)可以打开双相机，也可以打开单相机，并对它们进行采图操作。

▲ 4.1.1 打开相机

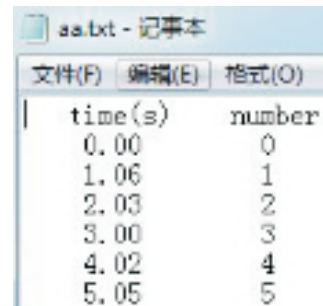
Live Camera1，Live Camera2用来打开相机。首先点击→FileNew或者点击工具栏  新建激活相机操作菜单，然后点击Live Camera1打开单相机；或者依次点击Live Camera1，Live Camera2打开双相机。

▲ 4.1.2 图像采集

相机采图分为六种模式，分别是Save Image、Strike Acquisition、Sequential Acquisition (Hard drive)、Sequential Acquisition (Memory)、External Trigger Acquisition、External Trigger Sequence Acquisition。既可以进行双相机的同步图像采集，也可以实现单相机的采集。

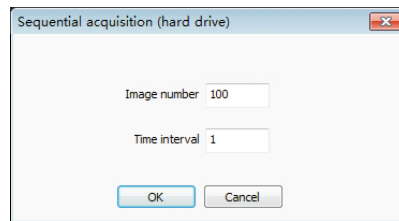
(1) Save Image：保存当前显示的图像。

(2) Strike Acquisition：利用空格键实现序列图像采集。当点击此按钮时，弹出图像另存图像对话框，输入图像的名称后，计算机将自动为序列图像命名。例如图像名为aa，则第一幅序列图像的名称为aa0000，第二幅图像为aa0001，以此类推。一共可采集10000张图片。点击确定，就可以用空格进行采图了。每按下一次空格键，相机就会保存当前的图片。按下End键结束本次采图，并记录一个名为aa.txt的文件。文件给出了图像序列号对应的图像采集时间。



time(s)	number
0.00	0
1.06	1
2.03	2
3.00	3
4.02	4
5.05	5

(3) Sequential Acquisition (Hard drive): 按照相同的时间间隔实现序列图像采集。考虑到图像采集时间间隔的大小，可以分为直接把图像存储在硬盘上或者内存中。对于直接存储在硬盘中的方式，最小的时间间隔为0.5秒。硬件连续采图，当点击此按钮时，弹出图像另存对话框，序列图像的命名方式同Strike Acquisition。可以选择JPG或BMP两种格式保存图像，点击确定，弹出对话框



如图中所示，Image number是设置图像采集的数量，Time interval是图像采集的时间间隔（秒）。点击确定后，系统开始采图。按下End键结束本次采图。并生成一个与序列图像名相同的文本文件，记录图像序列号对应的图像采集时间。

(4) Sequential Acquisition (Memory): 采用内存方式记录序列图像，操作步骤见硬件连续采图。

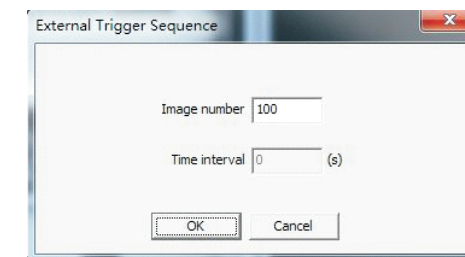
注意：Sequential Acquisition (Hard drive)与Sequential Acquisition (Memory)的区别在于前者图像采集最小时间间隔（Time interval）为0.5秒，而后者为0.1秒。但是后者图像采集的张数受限于系统的内存大小。

(5) External Trigger Acquisition: 采用外部触发信号进行序列图像

采集。外部信号为直流电压信号，低电平电压为0-5V，高电平为7-24V。当出现低电平到高电平上升沿时，触发系统实现序列图像采集，并记录在硬盘。在该模式下，首先保证相机与外部信号源连接，连接方式为：利用提供的电源线的信号输出端与触发信号连接。

后续操作参见Sequential Acquisition (Hard drive)

(6) External Trigger Sequence Acquisition: 采用多重外部信号触发进行序列图像采集。每当系统接收到一个外部电压上升沿就完成一次采图。注意：在设置所有参数前确保外部触发信号处于连接状态，信号线连接方法同External Trigger Acquisition。采图步骤为：先点击该菜单弹出图像另存对话框，设置图片保存路径和名称，点击保存，弹出对话框



如图中所示，设置图像采集的数量（Image number），点击ok，则开始采图，即软件接收到外部上升沿信号时采图，没有则处于等待状态。按下End键结束本次采图。

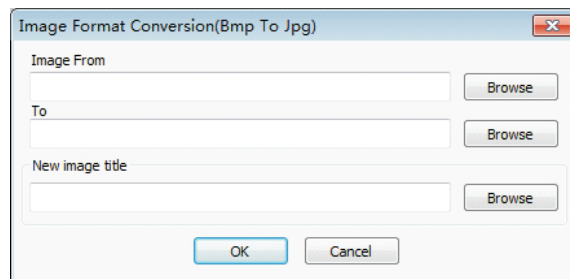
▲ 4.1.3 关闭相机

在单独关闭一个相机前必须要先冻结该相机，点击Freeze Camera1或Freeze Camera2用来选择冻结对应的相机，也可以点击Freeze Camera All同时冻结两个相机，然后点击相应的关闭按钮关闭相机。如果点击软件关闭按钮，可以直接关闭两个相机同时软件退出。

4.2 通用图像处理

▲ 4.2.1 图像格式转换 (Image Format Conversion)

本软件提供BMP与JPG图像格式的相互转换，点击Image Format Conversion → Bmp to Jpg，将BMP转换成JPG格式图像，弹出对话框



本软件支持序列图像转换，文件名由字母和数字组成，如：asc0004.jpg，最后三位或四位为数字（**注意：**请确保图片为序列图像，否则可能导致软件意外关闭）。分别输入序列图像的起止文件名和要生成的新文件(后三位或四位数字由程序自动生成)，即完成此操作。点击Image Format Conversion → Jpg to Bmp，将JPG转换成BMP格式图像，操作步骤与上相同。

▲ 4.2.2 定义考察区域 (Boundary Definition)

该部分可以实现对图片勾画出各种考察区域，从而可以为数字图像相关法定义一个供计算的区域。它位于菜单Preprocessing → Boundary Definition下，可以以如下几种方式进行：

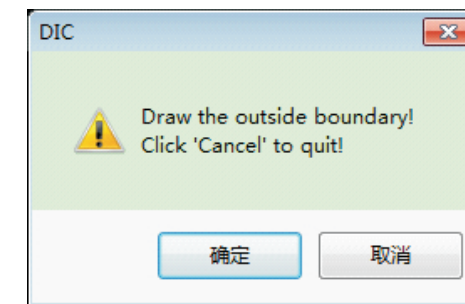
(1) Rectangular External Boundary: 使用该命令可以实现勾画外边界区域，点击该命令后就可以对图片进行边界定义了（若此时要放弃此操作，可以按键盘End键取消），按下鼠标左键拖动鼠标绘制出一个矩形框，弹起鼠标后，形成的矩形框即为要定义的边界。此时边界以外的灰度全为0，边界以内的灰度若不为0则保持不变，否则变为1。

(2) Rectangular Internal Boundary: 与 Rectangular External Boundary命令相反，该命令实现的是勾画内边界区域。点击该命令绘制出矩形后，此时边界以内的灰度全为0，边界以外的灰度若不为0则保持不变，否则变为1。

(3) Outside Boundary: 使用该命令可以实现勾画任意形状外边界区域。点击该命令后，将鼠标连续地移动至需要定义边界的地方并点击左键，此时图片上会出现一条绿色的细虚线表示定义的边界，按下Esc键（若此之前要放弃此操作，可以按键盘End键取消），退出勾画操作，此时边界以外的灰度全为0，边界以内的灰度若不为0则保持不变，否则变为1。

(4) Inside Boundary: 使用该命令可以实现勾画任意形状内边界区域，将鼠标连续地移动至需要定义边界的地方并点击左键，此时图片上会出现一条绿色的细虚线表示定义的边界，按下Esc键（若此之前要放弃此操作，可以按键盘End键取消），退出勾画操作，此时边界以内的灰度全为0，边界以外的灰度若不为0则保持不变，否则变为1。

(5) Inside and Outside Boundary: 使用该命令可以实现勾画外部和内部边界区域。点击该命令后，首先系统将提示勾画外边界



点击“确定”，此时将类似Outside Boundary运行，勾画出Outside Boundary后，系统提示勾画内边界，点击“确定”，类似Inside Boundary运行。每次勾画完，在弹出的对话框中点击“取消”可以退出整个过程，或者在勾画结束前按End键放弃勾画。此操作后外边界和所有内边界的灰度全为0，其他区域的灰度若不为0则保持不变，否则变为1。

▲ 4.2.3 伪彩色显示 (Pseudo color)

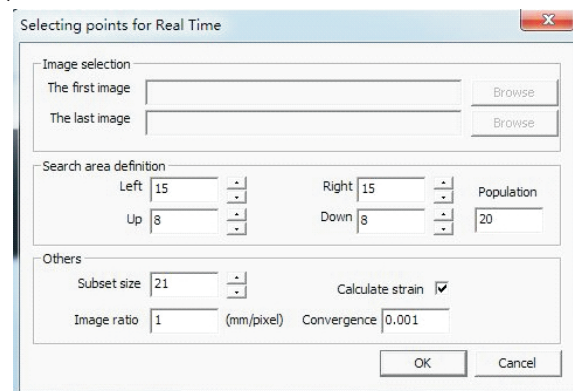
为易于观察灰度的分布，本软件提供了伪彩色显示功能。在打开图片后，点击Preprocessing → Pseudo color菜单可使当前的图片显示为伪彩色，此时菜单选项Preprocessing → Gray Image。要想返回灰度显示，则点击Preprocessing → Gray Image，显示图像的原始灰度图。

4.3 二维实时位移和应变测量

系统提供了对试件的实时跟踪和应变测量功能，可以对试件进行动态的测量和实时的应变计算和显示。其操作步骤如下：

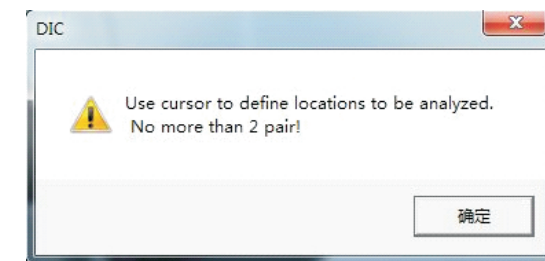
(1) 首先只打开一个相机(Camera1)，使被测试件的表面清晰的显示在计算机中；

(2) 点击2D Realtime Realtime Measurement，可能需要重新调节光圈或者光源亮度使图像清晰。然后开始执行实时测量操作：点击弹出对话框设置参数

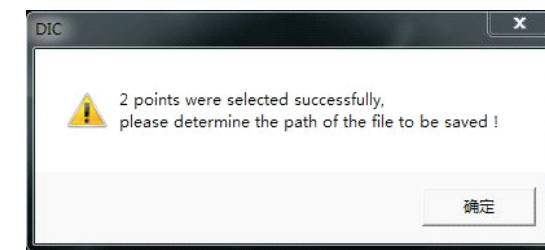


如图所示：搜索范围定义 (Search area definition) 中的上下左右 (left, right, up, down) 用来设置每个点的在它自身位置的上下左右的最大搜索范围，单位为像素；在Others中Subset size为子域大小，通常设置为21；Image ratio为每个像素对应的实际中的物理尺寸（如果只需要应变值，则设置为1）；需要计算表面的应变时，需要选择Calculate

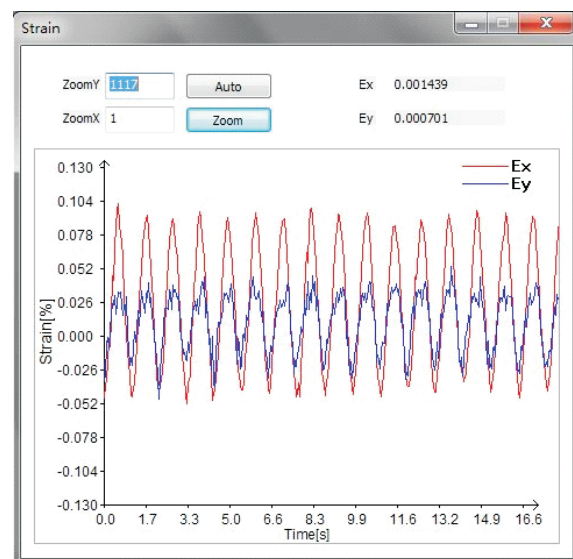
strain；Convergence：设置迭代精度，通常用默认0.001，无需改变。设置好所有参数后点击OK，弹出如下对话框提示选择的点不能超过2对，然后点击“确定”



相机此时会被冻结 (Freeze)，此时用鼠标左键在图像中点击需要跟踪的点。注意：这里选择的点按选择的先后顺序排列，比如选了四个点则第一个点和第二个点为一对点，其余为一对点，对于每一对点来说如果这两个点的x方向长度大于y方向长度则计算x方向的应变，否则计算y方向应变；如果两对点计算的都是同一个方向的应变，则曲线中会显示两个应变值的平均值。选择后按Esc确定选择的点；或者按End键放弃选择。弹出对话框



点击确定，完成选点操作；紧接着弹出文件保存路径对话框，选择好保存的路径和文件名后点击保存，开始实时测量。此时建议缩小图像显示窗口，这样会提高相机的显示速率，从而提高跟踪速率。跟踪过程界面会显示对应的实时应变曲线



如图所示，红色曲线为x方向的应变，蓝色曲线为y方向应变。ZoomY，ZoomX为纵轴和横轴的放大倍数，输入相应的放大倍数点击Zoom按钮可放大缩小曲线显示；点击Auto按钮可自动更新曲线的时间和放大倍数；Ex和Ey每隔两秒显示x和y方向的最应变幅值，即最大应变与最小应变的差值。

(3) 当结束实时测量时，长按End键。输出的数据文件在自定义的文件夹中。文件包含三种类型：位移数据文件（displacemen#.txt），应变数据文件（Strain.txt和 StrainMagnitude.txt）和图片序列文件（*.txt）。displacemen#.txt是对应点#的位移数据，如图所示

times	Number	eyy	exx	
0.00	0	0.000000	0.000000	
0.08	1	0.000123	-0.000050	
0.16	2	-0.000025	-0.000059	
0.25	3	0.000027	-0.000000	
0.33	4	0.000039	0.000049	
0.41	5	-0.000089	0.000039	
0.47	6	0.000058	0.000088	
0.53	7	-0.000079	0.000055	
0.61	8	-0.000083	0.000026	
0.69	9	0.000026	0.000061	

第1和2列分别为该点在参考图中x和y方向的像素坐标；第3和4列分别为对应点的在x和y方向的位移值（x：向右为正，y：向上为正）；最后1列

为相关系数，相关系数为0-1之间的数值，越接近于1，表明可信度越大；低于0.7时需要重新选择测量参数。Strain.txt 为一对或者两对点的总的应变数据如图

times	Number	eyy	exx	
0.00	0	0.000000	0.000000	
0.08	1	0.000123	-0.000050	
0.16	2	-0.000025	-0.000059	
0.25	3	0.000027	-0.000000	
0.33	4	0.000039	0.000049	
0.41	5	-0.000089	0.000039	
0.47	6	0.000058	0.000088	
0.53	7	-0.000079	0.000055	
0.61	8	-0.000083	0.000026	
0.69	9	0.000026	0.000061	

第1列为时间，第2列为序号，第3和4列为x和y方向的应变值。StrainAmplitude.txt为应变幅值数据文件，它每两秒记录一次这个周期里的应变幅值。

4.4 位移分布分析计算

数字图像相关法可以对物体表面散斑图进行变形分析，能将各个分量以灰度形式表现分布形式。

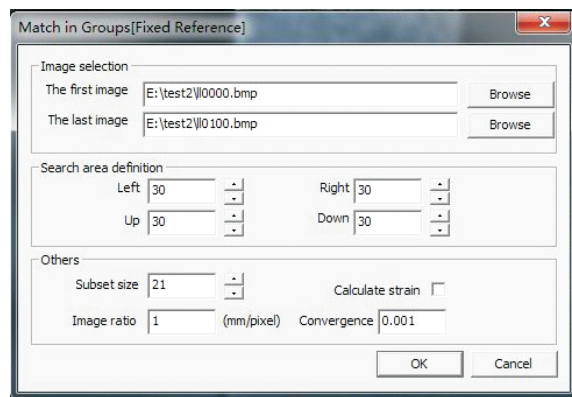
▲ 4.4.1 二维DIC位移分布分析计算

本部分位于菜单2D Correlation下，包含如下的功能

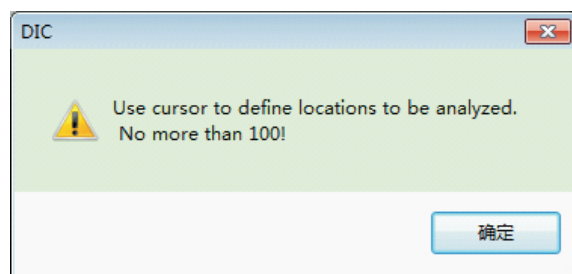
▲ 4.4.1.1 选取给定点的序列图相关处理

这项功能可以实现对选定的序列图片与当前以打开的图片进行指定点的图像相关分析，并以文本的形式保存分析后的位移分布情况。

首先打开需要进行相关分析的参考图，点击菜单2D Correlation → Match in Groups → Fixed Reference或者 Accumulated Reference（两者区别在于前者的参考不进行更新用于计算小应变情况，而后者可以用于计算大应变情况）出现如下对话框：



如图中所示，Image selection是用来打开要计算的序列目标图像，在Search area definition中设置搜索某个点时搜索范围，由该点向左(Left)，向右(Right)，向上(Up)，向下(Down)等四个方向的搜索区域；在Others中，Subset size设置了进行相关分析时所选取的窗口大小（必须为奇数），Calculation Strain设置是否计算应变，Image ratio设置标定后的系数，Convergence设置收敛精度（默认为0.001，一般无需修改）。设置好所有参数后，点击“OK”，弹出提示对话框：



提示选取的点数不应超过100个。点击“确定”后，在参考图片上通过鼠标点击选取要计算的点。选取好所有要计算的点后，按退出键（ESC）开始计算。若要放弃本次操作，可以按End键。弹出的进度条显示当前的计算进度，当进度条消失，即计算结束。计算结果在当前打开的参考图片所在目录下，包含位移数据文件（displacement.txt）：

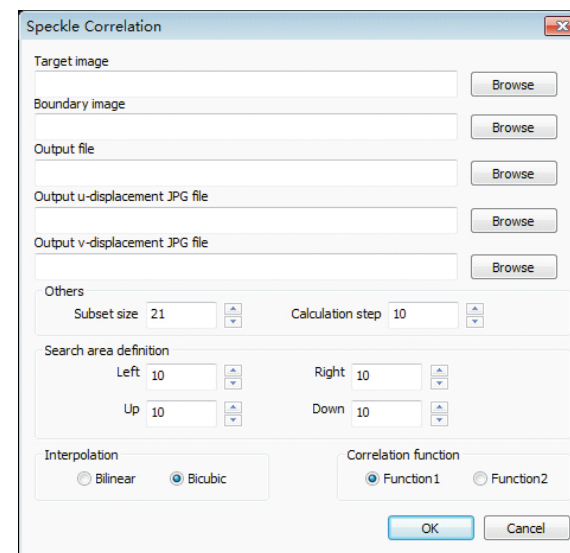
文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
0	845	317	0.001	0.001
1	845	317	-0.040	0.990
2	845	317	-0.158	0.924
3	845	317	-0.223	0.888
4	845	317	-0.282	1.313
5	845	317	-0.317	1.583
6	845	317	-0.370	1.999
7	845	317	-0.441	2.361
8	845	317	-0.480	2.670
9	845	317	-0.413	3.073
10	845	317	-0.390	3.359

第1列为图片序列号，第2和3列为第一个点的像素坐标，第4和5列为该点的位移值，第6列为相关系数，后面列以此类推为第二点对应的数据；坐标文件（coordinate.txt）与位移数据类似，除了第4和5列，该文件中第4和5列标识匹配后的像素坐标值；还有应变数据文件（Strain.txt）。

▲ 4.4.1.2 选定两幅图进行相关处理

这项功能可以实现对选定的图片与当前以打开的图片进行指定区域的图像相关分析，并可以以文本和图像的形式保存分析后的位移分布情况。

首先打开进行相关分析中的一幅图，点击菜单2D Correlation Two Image Analysis出现如下对话框：



如图中所示，Target Image是定义与当前显示图像相关运算的目标图像，Boundary Image是已经定义了考察区域的边界图像，Output File用于指定输出文本信息的文件路径，Output u-displacement JPG file可以定义输出水平变形场的图像文件路径，Output v-displacement JPG file可以定义输出竖直变形场的图像文件路径；这里所有的路径都可以通过点击相对应的右边按钮，并从弹出的文件选择对话框中选择。Subset size设置了进行相关分析时所选取的窗口大小（必须为奇数），Calculation Step设置边界图中计算的步长；在Search Area Definition中

设置搜索某个点时搜索范围，由该点向左(Left)，向右(Right)，向上(Up)，向下(Down)等四个方向的搜索区域；在Interpolation中定义进行亚像素插值时选择的方式：这里有双线性(Bilinear)和双三次(Bicubic)两种方式；Correlation Function可以自主选定两种相关计算公式，其结果都有很高的可靠性，默认选择Function1即可。

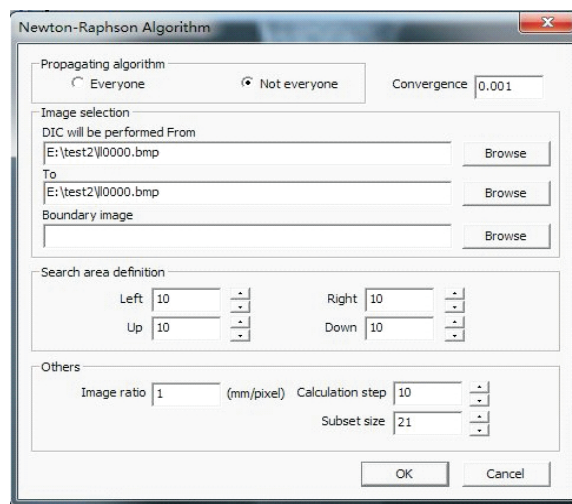
然后点击“OK”，程序将自动进行预定的操作，并以进度条表示当前的处理情况。计算结束后，当前界面显示目标图的位移较大方向的位移灰度分布图。计算结果包含X和Y方向的位移分布灰度图，总的位移数据，其第1和2列为所计算的点的像素坐标值，3和4列为对应的X和Y方向的位移值，最后一列为相关系数。

▲ 4.4.1.3 序列图与固定参考图之间相关处理

这项功能可以实现对选定的序列图片与当前已打开的图片进行指定区域的图像相关分析，并可以以文本和图像的形式保存分析后的位移分布情况。本部分有两种不同的方法，分别是：Fixed Reference和Accumulated Reference，前者适用于小变形，后者适用于大变形。

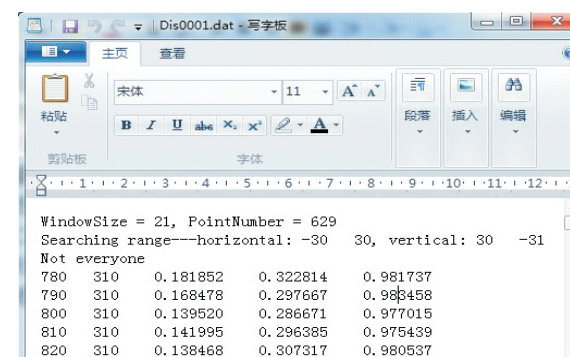
(1) Fixed Reference

首先打开进行相关分析中的固定参考图，点击菜单Sequential Image Analysis Fixed Reference出现如下对话框：



如图中所示，Propagating algorithm是设置边界内的点是否每个点都需要整像素搜索，Everyone：每个点独立搜索，互不相干，Not everyone：下个需要搜索的点，用前面的点直接进行NR迭代，无需再进行整像素搜索（建议Not everyone）。Convergence设置收敛精度（默认为0.001，一般无需修改）。Image selection中，DIC will be performed from是定义与当前显示图像相关运算的序列图像的起始图路径，to是该序列图的终止图路径，Boundary image是已经定义了考察区域的边界图像；这里所有的路径都可以通过点击相对应的右边按钮，并从弹出的文件选择对话框中选择。在Search area definition中设置搜索某个点时的搜索范围，搜索区域由该点向左(Left)，向右(Right)，向上(Up)，向下(Down)四个方向确定；在Others中Subset size设置了进行相关分析时所选取的窗口大小（必须为奇数），Calculation step设置边界图中计算的步长，Image ratio设置标定后的系数。设置好所有参数后点击OK，程序将自动进行预定的操作，并以进度条表示当前的处理进度情况。

计算完成后系统会自动记录位移分布数据（Dis#.dat），如图



第1和2列为所计算点的像素坐标，第3、4列为x方向和y方向的位移值，最后一列为匹配的相关系数。

(3) Accumulated Reference

该功能操作与（1）中Fixed Reference操作一样。区别在于：（1）中Fixed Reference的参考图始终是第一幅图像，适合小变形分析；而本功能的参考图是变化的，参考图始终选择序列图像中相邻的前一幅图像，适合于大变形分析。

▲ 4.4.2 三维DIC位移分布分析计算

本部分位于菜单3D Correlation下，包含如下的功能：

▲ 4.4.2.1 双相机系统标定

进行三维的测量前，首先需要标定双相机系统的内参和外参，其标定过程包含自定义坐标系，内外参数标定。根据实际使用经验，我们提供了三种不同尺寸的标定板，用于对相机进行标定。标定方法采用张振友标定法[]。标定板为长方形棋盘格，12×9格。三个标定板格子的尺寸分别为16mm、12mm、8mm。

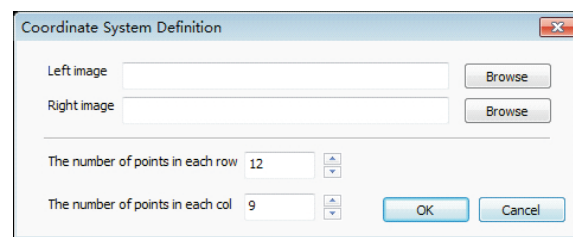
（1）自定义坐标系

自定义坐标系用于确定三维位移计算时用户定义的坐标系，输出的位移和应变结果均是在此坐标系下的值。其操作步骤如下：

1) 标定板摆放和采图：首先将标定板置于被测物前端，尽量与被测物被测表面平行（即与地面尽量垂直），注意标定板上不能有反光。摆放好以后拍摄一组摆放好的图片。

2) 自定义坐标系：

点击3D Correlation Camera CalibrationCoordinate system definition弹出如下对话框



如图所示，Left image和Right image中分别为步骤1)中拍摄的左相机图像(Camera1)和右相机(Camera2)图像，The number of points in each row和The number of points in each col为棋盘格的行和列的角点数。当使用提供的三个标定板时，行和列角点个数分别为12和9。设置好所有参数后，点击“OK”，开始计算，输出的数据文件位于用于定义世界坐标的图片所在目录下：标定文件ChessBoardThreeCoor.txt，和提取

角点后生成的图片文件ll*.jpg和rr*.jpg。

注意：如果没有同时生成这两个jpg文件，则定义坐标失败，需要重新采集质量较好的图片再次自定义坐标系统。

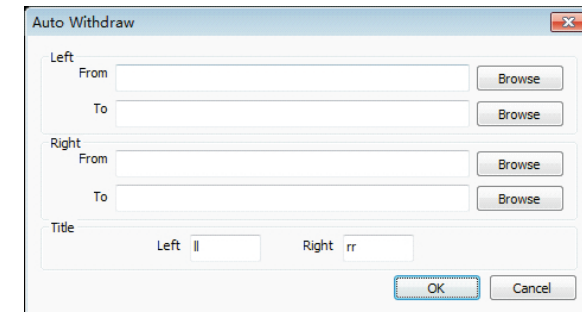
（2）双相机系统内外参数标定：

双相机的内参是用于修正相机的畸变和确定相机与真实的物理尺寸对应关系，外参是用于确定两个相机的相对位置关系，其标定步骤如下：

标定图采集：把标定板置于被测物表面前端，并同时两个相机中清晰成像；任意摆放标定板的角，每摆放一个角度两个相机同时采集图片，理论上采集至少6对图片，建议采集12-25对图片。

（3）相机标定：

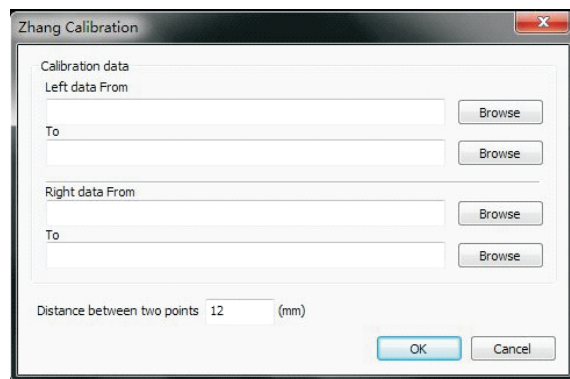
1) 首先点击3D Correlation Camera CalibrationAuto Withdraw弹出如下对话框：



如图所示：Left与Right选项分别是用来打开要计算的左右标定图像。From打开的是第一幅图像，To打开的是最后一幅图像。Title设置的是输出文件名的前两位符号，不建议修改。输出文件位于标定图片所在目录下。输出的文件中，ll*.txt，rr*.txt为提取成功的图片中的角点的文本文件，ll*.jpg，rr*.jpg显示了提取成功的标定板图片。

注意：输出文件中左右图像分别至少要有6张提取成功，不需要一一对应。

2) 用张振友标定法进行标定：点击3D Correlation Camera CalibrationZhang Calibration弹出如下对话框：



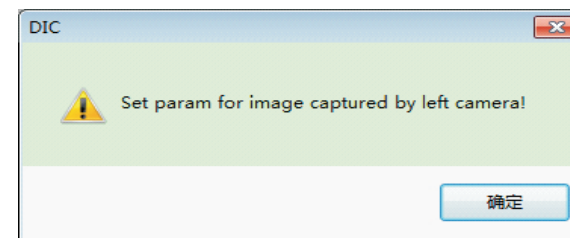
如图所示，Calibration data选项中Left data From和To分别打开的是上述提取成功的左相机标定图片的文本文件的第一个文件和最后一个文件。即，I*.txt的后缀数字最小的和最大的文件。与前面一样的，Right data From和To打开的是右相机标定图片的文本文件。在Others选项中，Image size中的Width和Height分别为要进行相关处理的图像的宽和高，Distance between two points是标定板中棋盘格图案的方格宽度（标定板上有显示）。设置好所有参数后，点击“OK”，开始计算，光标进入等待状态，等待结束后，标定也即结束。生成的文件位于上述文本文件所在的目录下。在生成的文件中，Hl.txt和Hr.txt文件中的数据分别为左右相机的内外参数。

执行完上述两个步骤后，双相机系统的标定结束，生成的数据文件ChessBoardThreeCoor.txt，Hl.txt和Hr.txt在后续的三维位移计算中使用。

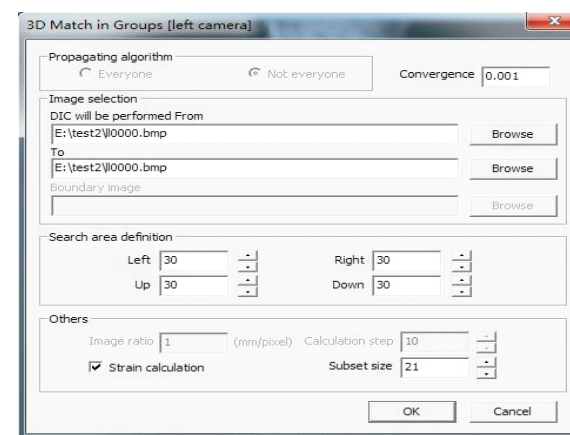
▲ 4.4.2.2 选取给定点的序列图相关处理

这项功能可以实现对选定的序列图片与当前打开的图片进行指定点的图像相关分析，并以文本文件形式保存分析后的位移数据。

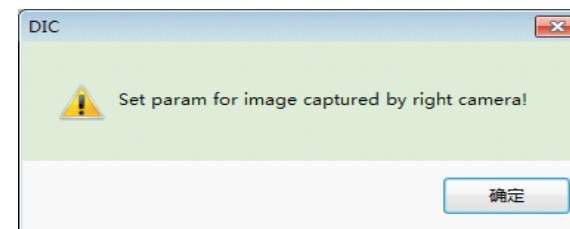
首先打开需要进行相关分析的左相机参考图，点击菜单3D Correlation Match in Groups For 3D弹出如下提示对话框：



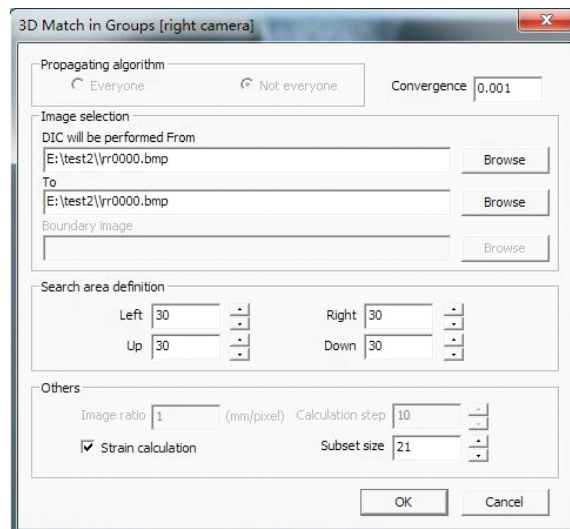
提示设置左相机图像参数，点击“确定”后弹出左相机图像参数设置对话框如下：



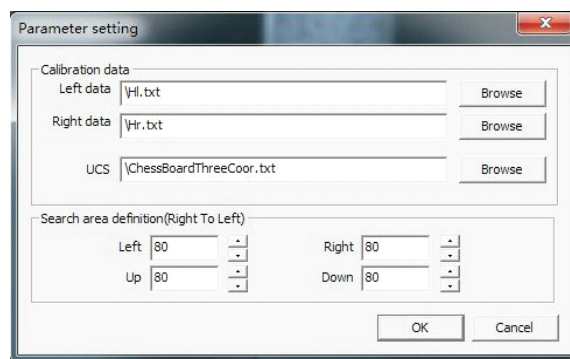
如图中所示 Image Selection是用来打开要计算的左相机序列目标图像，在Search area definition中设置搜索某个点时的搜索范围，搜索区域由该点向左(Left)，向右(Right)，向上(Up)，向下(Down)四个方向确定；在Others中，Subset size设置了进行相关分析时所选取的窗口大小（必须为奇数）。Strain calculation设置是否计算应变值（**注意：**如果此选项勾选则后面的选点只能选择偶数个点）。设置好左相机图像参数后，点击“OK”，软件自动切换到设置右相机图像参数设置。并弹出提示对话框



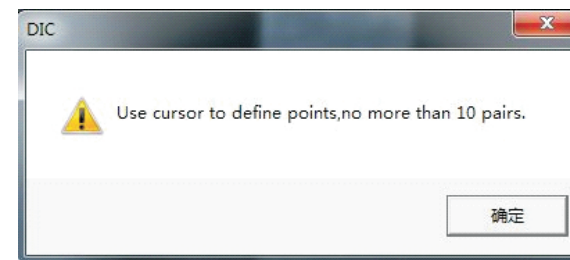
提示设置右相机图像参数，点击“确定”后弹出右相机图像参数设置对话框如下：



如图中所示，参数的说明见左相机图像参数设置好所有参数后，点击“OK”，弹出对话框：



如图Calibration data选项中，Left data和Right data中打开的分别为标定步骤中生成的Hl.txt和Hr.txt文件。UCS为标定步骤中用户定义坐标系的ChessBoardThreeCoor.txt文件；Search area definition(Right To Left)是右相机第一幅图与左相机第一幅图匹配时的搜索范围。设置好参数后点击OK后弹出提示对话框

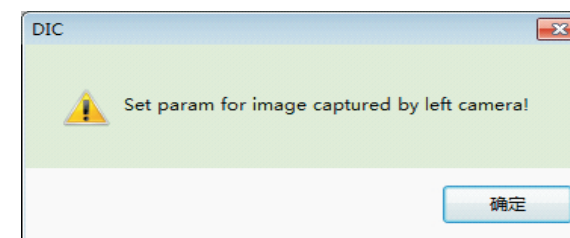


点击确定后，用鼠标在参考图片上通过鼠标左键点击选取要计算的点。选取好所有要计算的点后，按退出键（ESC）开始计算（在此之前可以按‘End’键放弃计算），弹出的进度条显示当前的计算进度，当进度条消失，即计算结束。计算结果位于当前显示的参考图片所在目录下，包含位移数据文件3DDisplacment.txt，它的每一列表示的是：Number: 图片序号，LeftXPos: 左相机X方向像素坐标，LeftYPos: 左相机Y方向像素坐标，RightXPos和RightYPos: 匹配后的右相机两个方向的像素坐标，WorldX、WorldY和WorldZ: 对应点在自定义坐标系下的X、Y和Z三个方向的坐标值，DisX、DisY和DisZ: 对应点在自定义坐标系下的X、Y和Z三个方向的位移值，和应变文件Strain.txt。

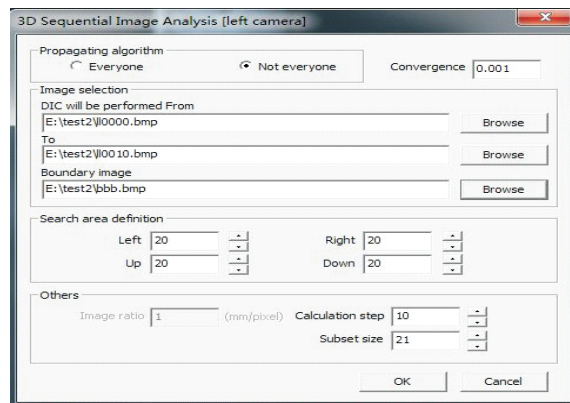
▲ 4.4.2.3 三维位移场序列图像分析

这项功能可以实现对选定的序列图片与当前已打开的图片进行指定区域的图像相关分析，并以文本和图像的形式保存分析后的位移分布情况。

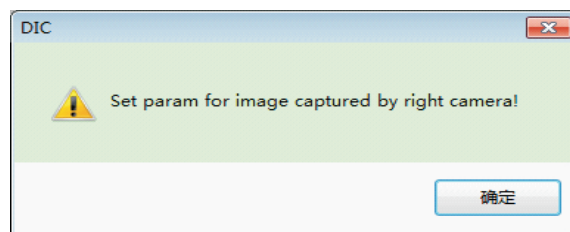
本步骤与4.4.2.2中步骤类似，首先打开需要进行相关分析的左相机参考图，点击菜单3D Correlation 3D Sequential Image Analysis弹出如下提示对话框：



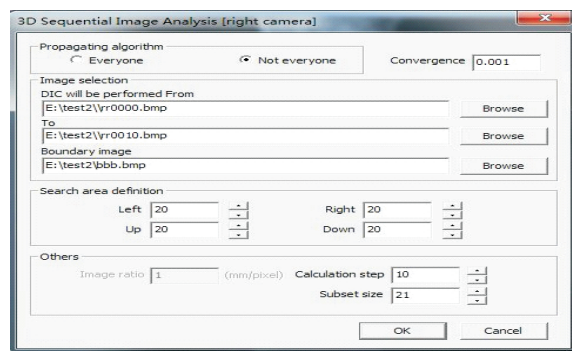
提示设置左相机图像参数，点击“确定”后弹出左相机图像参数设置对话框如下：



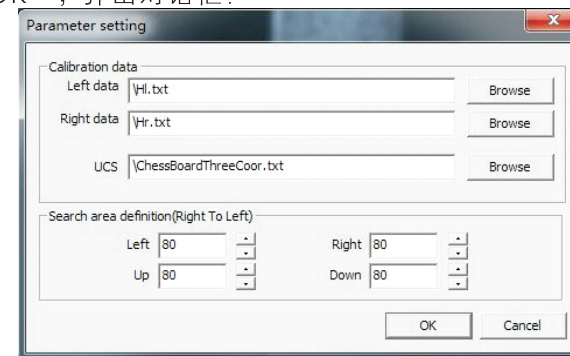
如图中所示，与4.4.2.2中不同的是多了Boundary image和Calculation step两个选项，这两个选项分别是用来打开已经定义了考察区域的边界图像和设置边界图中计算的步长。其他选项功能说明见4.4.2.2中。设置好左相机图像参数后，点击“OK”，软件自动切换到设置右相机图像参数设置。并弹出提示对话框



提示设置右相机图像参数，点击“确定”后弹出右相机图像参数设置对话框如下：



如图中所示，参数的说明见左相机图像参数设置。设置好所有参数后，点击“OK”，弹出对话框：



如图Calibration data选项中，Left data和Right data中打开的分别为标定步骤中生成的Hl.txt和Hr.txt文件。UCS为标定步骤中用户定义坐标系的ChessBoardThreeCoor.txt文件；Search area definition(Right To Left)是右相机第一幅图与左相机第一幅图匹配时的搜索范围。设置好参数后点击“OK”，开始计算。弹出的进度条显示当前的计算进度，当进度条消失，即计算结束。计算结果位于当前显示的参考图片所在目录下的Dis文件夹中。位移文件名为3DDis#.txt的文件，#代表图片序号说明是其对应的位移文件，其中第一个数表示每幅图中总计算的点数，而第1和2列分别表示：所计算的像素坐标，第3、4和5列表示对应点在自定义坐标系下的坐标值，最后三列表示对应点在自定义坐标系下的位移值。

4.5 应变分布分析计算

本部分的功能是对数字图像相关分析后获得的位移场分布数据进行应变求解。读入数据文件后，能进行数据滤波处理以获得平滑位移分布，再进行应变分布求解，并能将数据保存到指定路径。

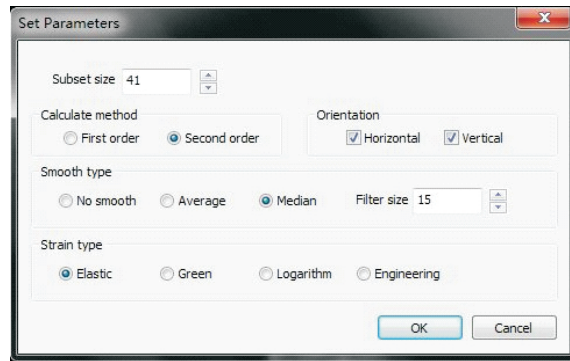
▲ 4.5.1 二维DIC应变分布计算

本部分位于菜单2D Correlation菜单下，包含以下功能。


▲ 4.5.1.1 根据位移场数据计算应变场(单幅图像)

这项功能可实现读入数字图像相关分析后的位移数据文件，读入数据后可切换显示水平方向或竖直方向的位移分布，并且可以通过该位移文件计算应变值。

打开一幅尺寸与将要读入的数据文件相匹配的图片，点击2D Correlation → Read Displacement DIC File，出现文件打开文件对话框。选定以2D相关中生成的Dis#.dat文件后，系统会默认显示水平方向的位移分布灰度图，其亮暗代表了位移的大小。可以通过Show Displacement切换水平和竖直方向的位移分布图，并能移动鼠标到指定位置，通过状态栏获得此处的位移信息，并且可以点击File → Save as或者工具栏来保存当前显示的灰度图片。此时还可以获得应变分布图，点击2D Correlation → Single Strain Calculation弹出对话框



如图中所示，用户通过Subset size指定进行应变计算的窗口，通过Calculate method指定计算方式(一阶拟合或二阶拟合)，Orientation选择是否对水平方向和竖直方向进行处理。Smooth type是选择滤波的类型，其中No smooth是不选择滤波，Average是选择平均滤波，Median是选择中值滤波，Filter size是滤波窗口大小。Strain type是应变的类型，Elastic是弹性应变，Green是格林应变，Log是对数应变，Engineering是工程应变。点击“OK”后开始计算应变，计算结束后显示在当前视图中，同样可以通过Show Strain切换要显示的应变分布方向，并且可以点

击File → Save as或者工具栏来保存当前显示的灰度图片。此时也可以通过点击2D Correlation → Save Smooth Data来保存当前得到的应变数据。

其中四种应变说明如下：

$$\text{弹性应变: } \begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \end{cases}$$

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ 分别为x, y方向的应变和剪切应变，其中u是x方向的位移分量，v是y方向的位移分量。

对数应变：为了真实地反映瞬时的塑性变形过程，一般用对数应变来表示塑性变形的程度。

设在单向拉伸时某试样的瞬时长度为 l ，在下一个瞬时试样长度又伸长了 dl ，则其应变增量为

$$d\varepsilon = \frac{dl}{l}$$

而试样从初始长度 l_0 到终了长度 l_1 ，如果变形过程中主轴不变，可沿拉伸方向对 $d\varepsilon$ 进行积分，求出总应变

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l_1} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_1}{l_0}$$

ε 反映了物体变形的实际情况，称为对数应变或真实应变。

工程应变：在上述条件下工程应变定义为 $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$ 。

格林应变：连续介质力学中度量变形的几何量。在直角坐标系中，未变形物体和已变形物体中线元的平方分别为： $ds^2 = c_{kl} dx_k dx_l$

和

$$dS^2 = C_{KL} dX_K dX_L$$

其中

$$c_{kl} = \frac{dX_K dX_L}{dx_k dx_l}$$

和

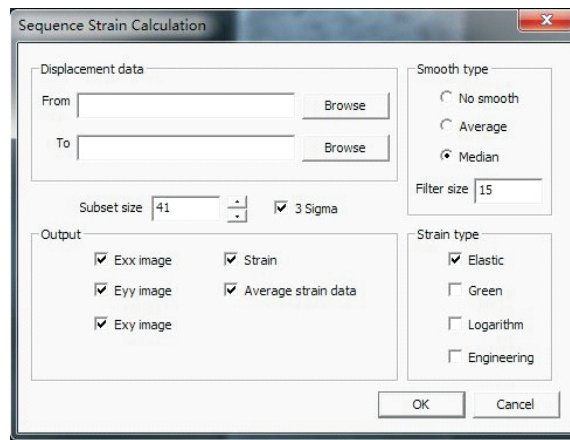
$$C_{KL} = \frac{dx_k dx_l}{dX_K dX_L}$$

分别称为柯西应变张量和格林应变张量或右柯西-格林张量。

▲ 4.5.1.2 根据位移场数据计算应变场(序列图像)

这项功能可以实现对数字图像相关处理后的位移数据进行应变求解。

点击2D Correlation → Sequence Strain Calculation弹出对话框



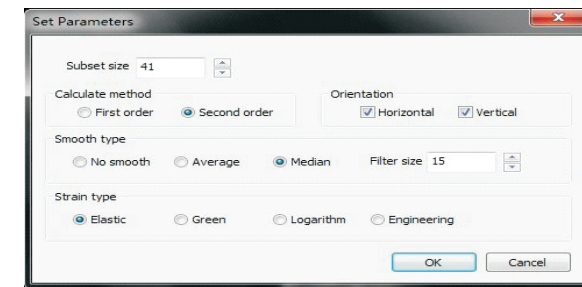
如图中所示，Displacement data是所获得的序列位移文件。Smooth type是选择滤波的类型，其中No smooth是不选择滤波，Average是选择平均滤波，Median是选择中值滤波，Filter size是滤波窗口大小。Subset size指定进行应变计算的窗口，3 Sigma选中，说明只计算符合3 Sigma准则的数据，否则全部计算。Output是选择要输出的应变分量类型。Strain type是选择输出的应变类型（具体见4.5.1.1）。设置好所有参数后，点击“OK”，弹出进度条并开始计算，进度条消失计算结束。处理的数据文件在打开的位移文件所在目录下对应的应变Elastic, Green, Logarithm, Engineering文件夹中，包含平均应变数据文件averagestrain.txt：其第一列为图片序号，后面三列分别分X，Y方向平均应变和平均剪切应变；对应序列图片的应变文件str#.txt：其第1和2列表示所计算点的像素坐标，第3和4列为位移值，第5和6列为拟合后的位移值，最后三列分别为X，Y方向应变和剪切应变值。


▲ 4.5.2 三维DIC应变分布计算

本部分位于菜单3D Correlation菜单下，包含以下功能。

▲ 4.5.2.1 根据位移场数据计算应变场(单幅图像)

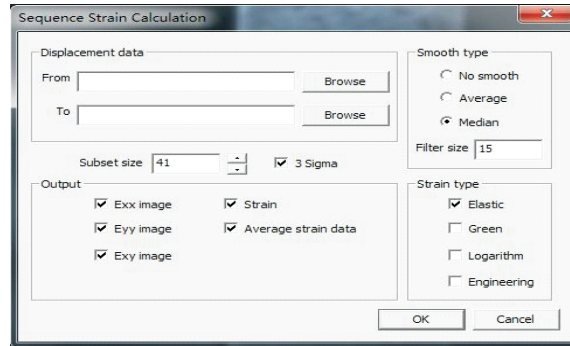
该功能操作与4.5.1.1类似。首先打开一幅尺寸与将要读入的数据文件相匹配的图片，点击3D Correlation → Read 3D Displacement DIC File，出现文件打开文件对话框。选定以3D相关中生成的3DDis#.dat文件后，系统会默认显示水平方向的位移分布灰度图，其亮暗代表了位移的大小。可以通过Show Displacement切换水平和垂直方向的位移分布图，并能移动鼠标到指定位置，通过状态栏获得此处的位移信息，并且可以点击File → Save as或者工具栏来保存当前显示的灰度图片。此时可以获得应变分布图，点击3D Correlation → 3D Single Strain Calculation弹出对话框



如图中所示，用户通过Subset size指定进行应变计算的窗口，通过Calculate method指定计算方式(一阶拟合或二阶拟合)，Orientation选择是否对水平方向和垂直方向进行处理。Smooth type是选择滤波的类型，其中No smooth是不选择滤波，Average是选择平均滤波，Median是选择中值滤波，Filter size是滤波窗口大小。Strain type是应变的类型，Elastic是弹性应变，Green是格林应变，Log是对数应变，Engineering是工程应变。点击“OK”后开始计算应变，计算结束后显示在当前视图中，同样可以通过Show Strain切换要显示的应变分布方向，并且可以点击File → Save as或者工具栏来保存当前显示的灰度图片。此时也可以通过点击2D Correlation → Save Smooth Data来保存当前得到的应变数据，生成的应变文件说明：第1和2列为所计算点的像素坐标，3和4列为对应的位移，5和6列为拟合后的位移，7,8和9列分别为X，Y方向应变和剪切应变值，10和11列分别为X，Y方向应变的偏导数，最后一列为无效数据。

▲ 4.5.2.2 根据位移场数据计算应变场(序列图像)

该功能操作与8.1.2类似。这项功能可以实现对三维数字图像相关处理后的位移数据进行应变求解。首先点击3D Correlation → 3D Sequential Strain Calculation弹出对话框



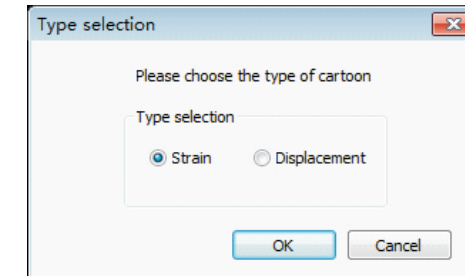
如图中所示，Displacement data是所获得的序列位移文件。Smooth type是选择滤波的类型，其中No smooth是不选择滤波，Average是选择平均滤波，Median是选择中值滤波，Filter size是滤波窗口大小。Subset size指定进行应变计算的窗口，3 Sigma选中，说明只计算符合3 Sigma准则的数据，否则全部计算。Output是选择要输出的应变分量类型。Strain type是选择输出的应变类型（具体见4.5.1.1）。设置好所有参数后，点击“OK”，弹出进度条并开始计算，进度条消失计算结束。处理的数据文件在打开的位移文件所在目录下对应的应变Elastic, Green, Logarithm, Engineering文件夹中,包含平均应变数据文件averagestrain.txt：其第一列为图片序号，后面三列分别分X, Y方向平均应变和平均剪切应变，第5和6列为X和Y方向应变的偏导数，最后一列为无效数据；对应序列图片的应变文件str#.txt：第1和2列为所计算点的像素坐标，3和4列为对应的位移，5和6列为拟合后的位移，7,8和9列分别为X, Y方向应变和剪切应变值，10和11列分别为X, Y方向应变的偏导数，最后一列为无效数据。

4.6 数字图像相关后处理

本部分的功能是对数字图像相关分析后获得的位移场应变场分布数据进行处理，生成一系列位移场或者应变场的伪彩色图片，方便直观的观察位移场或应变场的变化并有利于利用商业软件进行视频制作。

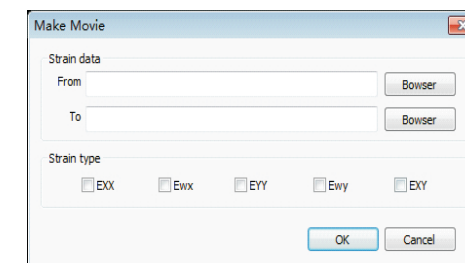
本部分功能在位于菜单2D Correlation → Make Movie和3D CorrelationMake → Movie For 3D，分别是针对二维和三维处理。他们的操作步骤一样。下面以Make Movie For 3D为例：

首先点击3D Correlation → Make Movie For 3D，弹出对话框



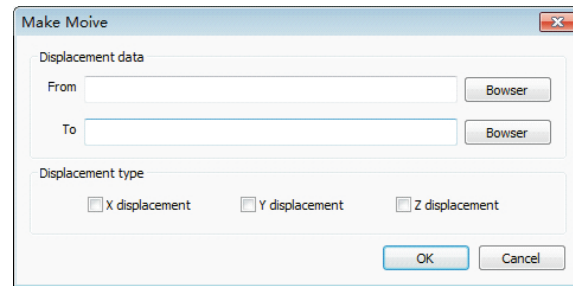
在Type selection中选择要处理的数据类型。Strain是选择应变场处理，Displacement是选择位移场处理。

1) 若选择Strain，点击“OK”后弹出对话框



如图中所示，Strain data为序列应变文件，From 和 To 分别是第一个文件和最后一个文件。Strain Type 是应变分量的类型，可以多选。设置好参数后，点击“OK”，弹出进度条，开始计算，进度条消失，计算结束。处理后的结果在处理的应变数据的目录下。

2) 若选择Displacement，点击“OK”后弹出对话框



如图中所示，Displacement data为序列位移文件，From 和 To 分别是第一个文件和最后一个文件。Displacement type 是位移方向，可以多选。设置好参数后，点击“OK”，弹出进度条，开始计算，进度条消失，计算结束。处理后的结果在处理的位移数据的目录下。

第五章 常见故障及排除

本节介绍了如何处理系统出现的故障。这里仅列出了系统会出现的一些情况，但并未包含系统可能发生的所有情况。如您未能在本节找到故障排除方法，请及时与我单位联系。

（1）软件无法安装与开启

可能原因：密码狗未插入或密码狗不适配

排除方法：插入适配的密码狗。密码狗丢失或损坏，请与我单位联系。

（2）相机无法正常打开

可能原因：网线、USB转网口连接器、电源连接故障

排除方法：检查网线或者电源连接线，重新进行连接；检查USB转千兆网口连接器是否损坏，如损坏需及时更换。检查相机与计算机是否适配。若各连接均无误，可认为是相机本身出现故障，需寄回检修。

（3）照明灯无法开启

可能原因：电源连接故障或者灯泡损坏

排除方法：首先检查照明灯与适配器之间连接是否紧固；若电源连接无误，可认为是灯泡损坏，仅需更换灯头即可。

（4）图像无法保存到硬盘

可能原因：硬盘空间已满

排除方法：检查硬盘空间，保证足够的图像保存空间。



进入中岩科技配件商城，购买相关配件



淘宝配件商城首页

配件销售QQ: 2852367056