

# 美国 GCTS 公司 RTR-1500 电液伺服高温高压岩石综合测试系统



 **北京双杰特科技有限公司**  
DRIVE YOUR RESEARCH BEIJING BRILLIANT SUN TECHNOLOGY CO.LTD

地址: 北京市朝阳区裕民路 12 号元辰鑫大厦 0308-0310

Tel: 86-10-82251761/2

Fax: 86-10-82250568

<http://www.bsttest.com>

Email: Info@bsttest.com

北京 上海 成都 武汉 西安

# 一、RTR-1500 电液伺服高温高压岩石综合测试系统

## 1.1 系统功能:

- 单轴压缩试验,
- 三轴压缩试验
- 岩石动三轴试验
- 高温高压真三轴试验
- 高温高压真三轴超声波试验
- 高温高压真三轴声发射三维成像试验
- 全曲线试验
- 渗透试验
- 蠕变试验
- 高温试验
- 复合渗透试验
- 超临界流体渗透试验
- 以及可定制的各类型试验

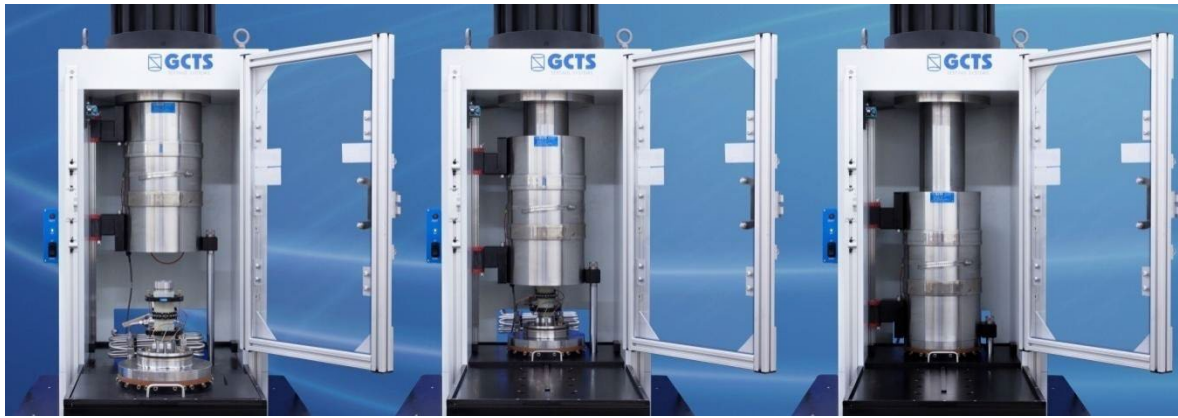
## 1.2 系统特点:

- 静态和动态加载
- 荷载和位移控制
- 应变和应力控制
- 可进行全曲线试验
- 荷载架刚度 $10 \times 10^9 \text{N/m}$
- 压力室一键到位----自动密封组装,方便和安全的操作
- 室内载荷传感器,克服摩擦影响
- 满足所有的国际岩石力学学会和ASTM关于岩石三轴试验的要求

## 1.3 系统描述:

GCTS 电液伺服高温高压动态测试系统是一套闭环数字伺服控制的装置,用于进行快速,方便而且安全的岩石试样三轴实验。通常使用 GCTS 的数据采集包进行操作,该数据采集包包括 Windows (XP/7) 测试软件和数字信号调节系统。快速,方便和安全的操作时的这套系统特别适合应用于生产任务。该系统可以根据用户的要求设计制作来测试不同尺寸的试样。

自动传感器识别功能使得当需要更换传感器来完成不同的测试程序时,传感器接入十分方便。RTR-1500 系统符合 ISRM 和 ASTM 标准。三轴压力室的全自动密封和液压提升装置和滑动底座使得这套系统相对于传统的三轴压力室,试样安装起来更为迅速和方便。压力室的快速安装和拆除可以通过按下一个按钮实现。无需额外的螺栓和紧固件来组装三轴压力室,这就使得用户可以有更多的时间按来专注于实验的进行。三轴压力室是由不锈钢制成的并且适合用最大 100mm 的圆柱形试样。标准单元带有一个刚性加载活塞以及低摩擦石墨密封。这种独立的压力室的优点在于当试样完全准备好之后,压力室可以方便的降低并且可以自动锁定。

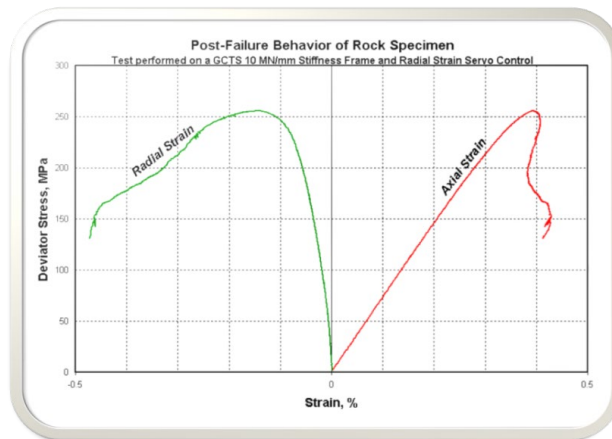


安装试样

压力室底座就位

压力室全自动密封

压力控制面板包含了全部用于压力控制和孔隙水压力控制的阀门，量表和增压器。压力表提供围压和孔压的可视化查看，方便的“快速连接”允许用户方便地连接压力管路和充/抽液体容器。同样，也可以提供透明的管路可以显示每个液体回路的液体量。每个安装在柜子内的增压器都有一个压力传感器和LVDT与之相连。这就使得伺服控制可以作为应力的函数（压力传感器）或者液体体积控制（LVDT）。包含的软件提供对测试参数的直接控制，这样使得系统的操作更为方便。渗透性测试同样可以使用这套设备进行测试。我们拥有一支高素质和富有经验的售后服务团队，可以为您提供最好的和最具性价比的选择。



典型的测试结果

## 二、高刚度加载架 (FRMB-1500S10)

### 2.1 结构特点

- 加载架可以进行岩石, 混凝土和其他建筑材料测试
- 加载范围1500kN, 拉伸荷载: 1000kN
- 闭环数字伺服控制
- 高强度钢材, 整体锻造工艺
- 可以使用GCTS高压三轴室和其他的测试组件
- 内置液压提升三轴室
- 理想的无侧限压缩, 三轴, 弯曲, 劈裂, 蠕变和其他的压力试验加载仪器
- 加载框架包括: 静压支撑高频伺服作动器、高刚度门式加载框架、高强度钢板焊接承压底座、高级防爆玻璃及安全预警装置。

### 2.2 结构描述

GCTS 加载架由数字伺服控制软件来操作, 包括电液动力系统, 2 及高频电液伺服阀, 2 路电位器、1 个大型传感器, 计算机接口和测试软件。

计算机控制液压分油站, 高/低压切换控制, 含2路缓冲蓄能器以使压力波动最小化。

### 2.3 技术参数

轴向加载范围 (静态): 1500kN

轴向加载范围 (动态): 820 kN

框架刚度: 10 GN/m

行程: 100 mm

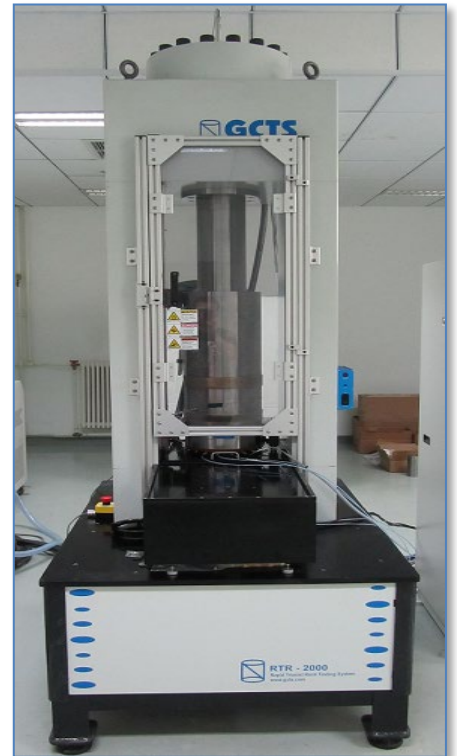
伺服阀容量: 两级38 L/min

位移传感器: 量程: 100mm, 精度0.05%

最大动态频率: 10Hz

最大加载速度: 700mm/min

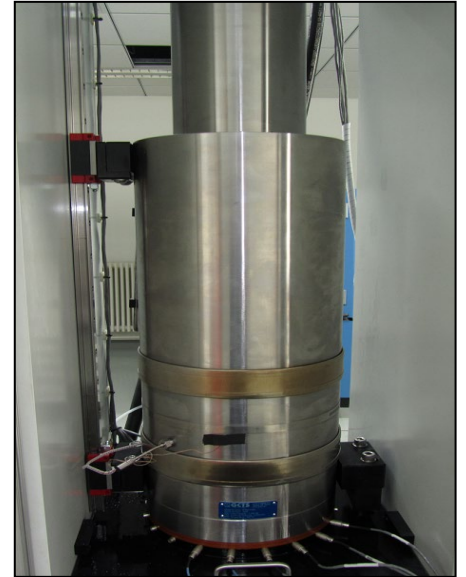
承压底座最大承重: 5 吨



## 三、高压拟三轴压力室(HTRX-140C)

### 3.1 结构特点

- 高级一键全自动密封技术, 无需人工锁紧螺栓, 配置低摩擦滑动底座, 集成全自动密封和液压提升装置
- 140MPa 压力和 1500kN 轴压承受力。
- 试件直径范围从 25mm 到 100mm, 高度为直径的 2 倍。
- 上压盘带有一个球座来补偿试件的不平行端面
- 顶部和底部空压管件可进行有效的应力和渗透性测量
- 电子接口环连接到 GCTS 轴向和径向变形测量装置或者其他特殊的传感器, 预留 12 只传感器接口
- 电子接口环内嵌高温高压 4 针电子导通接头,
- 轴向和径向变形测量系统, 带有 P 波和 S 波速测量晶体的压盘,
- 温度可达 200 度的高温控制子系统
- 内置油下荷载传感器, 量程 1500KN, 精度 0.25%, 耐压 140MPa, 耐温: 200 摄氏度



### 3.2 结构描述

GCTS 高压三轴压力室是用来进行岩石试件在围压 140MPa, 轴向载荷 1500kN 下的测试。如果根据选用压盘, 也可以测试其他直径试件。

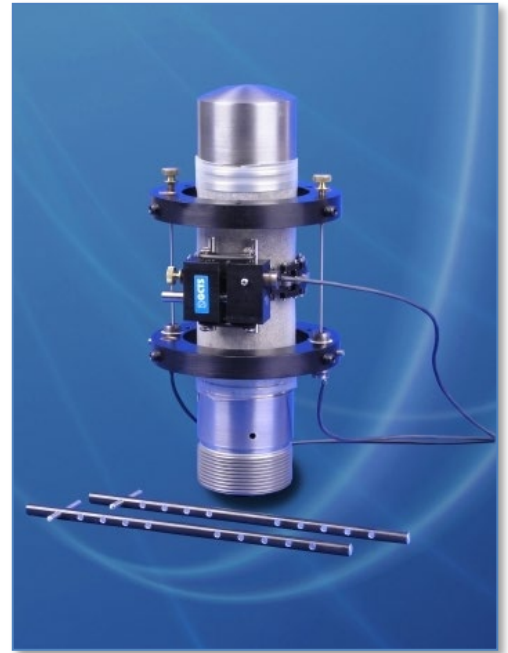
三轴室和通孔流体连接器安装在三轴室底部, 可以与 GCTS 计算机伺服控制增压器和 GCTS 空气/油压增压器系统快速连接。



## 四、高温高压置轴向&环向应变测量装置（引伸计）

### 4.1 引伸计特点：

- 试件直径范围从 25mm 到 100mm
- 直接测试试件的轴向和径向应变
- 两个轴向传感器和一个径向传感器
- 上下 LVDT 固定器，用于两个呈 180 度排列的变形传感器，测量平均轴向应变，使用 LVDT 使操作更为简单
- 一套径向链条装置，带有固定器，用于测量径向变化
- 可以在用作单轴测试或者三轴室中
- 耐高温（200°C）
- 耐高压：140MPa
- 径向变形范围： ±2.5 mm 精度 0.25%
- 轴向变形范围： ±2.5 mm 精度 0.25%



### 4.2 引伸计描述

GCTS 岩石变形装置可以直接测量试件的轴向或者径向应变，并提供精确的结果。这个装置包括一组上下支撑环，设计为低重量高强度。一套预设长度的穿孔导杆来预订测量长度。GCTS 岩石变形装置可以使用标准尺寸，也可以定制尺寸。

径向变形测量装置配有小尺寸高精度的滚轴和高硬度的铰链来进行高精度的应变测量。测量径向变形的链条使用弹簧预伸缩螺丝固定，容许试样在加载过程中的膨胀。

这个装置可以用在 GCTS 高压三轴室中，也可以用作高低温测试。弹性常数，如杨氏模量和泊松比，也可以被测量，如同试件破坏后的非弹性应变一样可以用这个装置来进行轴向和径向应变的直接伺服控制。

## 五、伺服控制增压器

### 5.1 伺服围压控制增压器 (HPVC-140C)

不锈钢压力/体积伺服控制增压器，直接控制和/或者测量围压压力和体积。

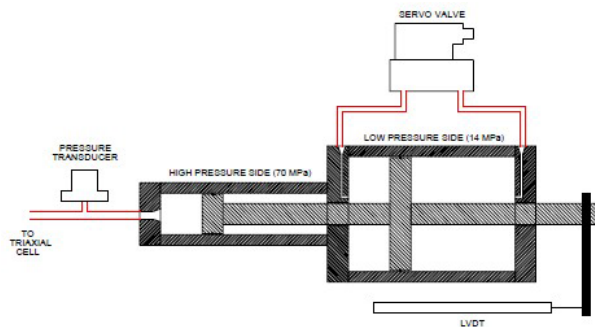
- 压力：140 Mpa
- 分辨率：0.01Mpa
- 精度：±0.25%FS
- 体积范围：560 ml
- 分辨率：0.01 ml
- 高频率 2 级电液伺服阀，38L/min 流量
- 包括减小压力波动的“开/高”压力控制螺线管和累加器
- 包括增压器控制面板模拟压力表



### 5.2 伺服控制孔压增压器 (HPVC-140P)

不锈钢压力/体积伺服控制增压器，直接控制和/或者测量孔压压力和体积。

- 压力：140 Mpa
- 分辨率：0.005Mpa
- 精度：±0.25%FS
- 体积范围：280 ml
- 分辨率：0.005 ml
- 高频率 2 级电液伺服阀，11L/min 流量
- 包括减小压力波动的“开/高”压力控制螺线管和累加器
- 包括增压器控制面板模拟压力表



## 六、液压源

### 6.1 设备特点

- 恒压输出 21MPa，流量 19L/min，功率:40HP
- 邮箱容量 150L
- 1 米范围内声音低至 63dB
- 标准远程监视水泵液面，油温，油压报警，监视过滤条件和 3 相电源（相位保护）
- 远程高/低压控制开关
- 控制软件提供油泵情况的预报和详细诊断解释



### 6.2 设备描述

GCTS可变体积/常压液压动力能够满足你的所有测试需求，并提供内置计算机安全监视功能。这些高性能的泵根据需要调整流速，在大多数的测试中，使用非常低的操作费用，这种低流量的需求是常有的。所有的单元，包括油过滤器，高压蓄水池，热交换器，油压表，和温度表。

额外的功能，包括高低压选项和泵液面，温度和压力的屏幕读数。如果监测到一个临界的限度，提供预报信息和水泵的瞬时断电。达到临界的限度，基于实际的温度和油位的趋势，软件会自动地预报来避免在测试重要的室件过程中泵被关闭。

连续监视3相电源，如果出现仅一条电源线有问题，避免泵被损坏。（相位保护功能）。

可以使用系统状态屏幕，用来全面解释系统关闭的原因，以便采取补救措施。如果发生了系统关闭，自诊断报告很容易检测和修正问题。

系统软件是用来即时计算最大的轴向载荷，基于系统激振器的有效面积和从液压动力源检测到的压力。

## 七、温度控制器



### 7.1 设备特点

- 用于三轴压力室加热至+200 °C加热系统
- 完全的加热系统
- 传感器和信号调节
- 2个热电偶，范围是 0 °C --- +200 °C.精度1 °C.
- 2个通用信号调节和显示模块，来采集热电偶

### 7.2 设备描述

GCT 温度控制器包括底座加热器，压力室壁加热器和两个安装在三轴压力室壁上的热电偶接口用于加热三轴压力室的温度控制器。上部和下部的加热器独立控制，用来将温度梯度减至最低并且控制实验室内的过调量。下面的传感器和信号调节模块式包含在内的来测量和控制三轴室内部较高或较低的温度。

## 八、数字伺服控制器和采集系统(SCON-3000)

### 8.1 系统特点

- 3.4GHz双核处理器，2GB RAM内存和16GB固态存储器
- 10kHz闭环速率（通道之间最大250kHz转换速率）
- 与Windows™(2000/XP/7)界面软件兼容的数字伺服控制
- 可容纳最多24个输入/输出
- 24位A/D分辨率
- 自动识别传感器
- 可调整补偿范围: +/- 5 伏
- 数字增益范围: 1 到2000，共4096步
- +/-5伏DC直流激励
- 有效值5伏@ 3 kHz AC交流激励
- ±10伏输出电路板，最大25mA电路板(DSB-121)
- 最大输出325 mA (DSB-122).
- 最大325mA电流输出，±15 VDC和+24VDC电源(DSB-
- 零位和增益控制
- 8数字输入和8数字输出，48位数字计数器
- 程控时钟检查控制程序状态，用来自动互锁关闭
- 可以读取控制器内部温度,泵油温度,泵油液位和外部温度
- 通讯方式: TCP/IP, USB,WIFI

### 8.2 系统描述

SCON-3000 是基于 3.4GHz 双核处理器的数字伺服控制器，这是完整的并自包含模块，建立在函数发生器，数据采集系统和数字 I/O 单元。利用先进的通用信号调节电路板，这个系统可以接受力传感器，压力传感器，LVDT 和其他模拟输入信号。每个通道由有数字补偿和增益，24 位分辨率和防混淆过滤器。

信号调节电路板完全数字化的，并由软件直接管理。保存不同的设备配置，使其很容易更换传感器，如力传感器和位移传感器。同时，数字设置被保存，以防不熟练的操作者对传感器标定和放大进行意外的改动。另外，系统可以自动识别传感器，即根据连接或者更换的传感器自动载入正确的传感器设置。

任意系统传感器都可以用来提供高级的伺服控制，以动态的无低频噪声传递方式，在任意连接的传感器和计算输入之间切换。

这个系统还包括一个真实的 32 位 Windows™ GCTS CATS 高级软件，图像化的用户界面，通用测试模块可以创建不受限制各种的波形，包括用户生成的轮廓，如数字化的地震记录。这个标准系统也可以从一个或者几个模拟通道计算输入，直接伺服控制或者实时监视。

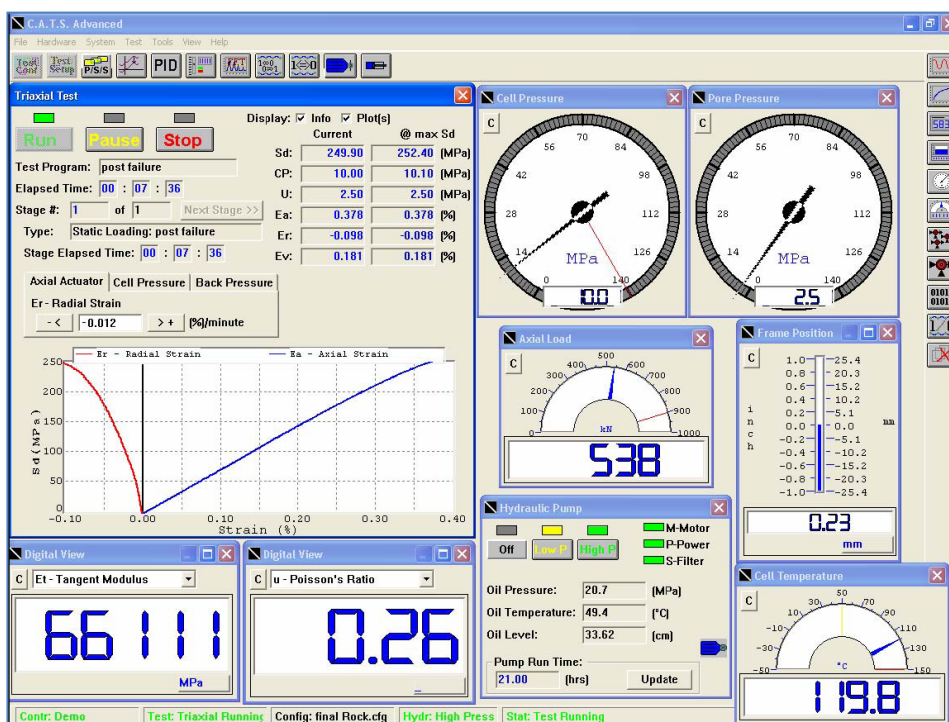


### 8.3 gTEST 无线控制器(远程监测)



美国GCTS公司开发的gTest 远程监控软件，用于苹果IPAD或者Iphone，可以实时远程监控试验状态，以数字或者图形形式显示当前实验的信息，传感器输出，液压站状态，循环计数及其他测试程序等，可通过登陆本地无线网络或者以太网来实现。这就允许试验人员即使离开实验室回到办公室或者家里的时候，也可以实时监测设备允许性能和实验状态。

### 8.4 CATS-ADV 平台软件



### 8.4.1 软件特点

- 中文和英文界面
- 用于岩石三轴测试
- 通过程序化的初始接触应力，自动进行压板和试样接触
- 应力/应变路径控制下的静态和动态加载
- 可以用任意的单位显示或者控制传感器及计算参数
- 可以进行各向同性和各向异性固结
- $K_0$ 应变路径
- 破坏后行为测试
- 简单方便的三轴试验的设置和操作
- 自动适应Mohr-Coulomb (莫尔库仑) 模型
- 可以配置单位库，自动执行单位转换
- PID控制以及自适应控制；
- 波形库包括斜坡，斜坡+闭模时间，正弦，半正弦，三角波，矩形波，随机波和用户自定义波形，并且支持地震波导入功能
- 可自定义动态和静态测试任务；
- 输出数据到Excel或其他的Windows程序
- 兼容WINDOWS XP/7操作系统
- 与大多数的岩石测试系统兼容

### 8.4.2 软件描述

GCTS 的三轴模块是 32 位的 windows 软件，CATS (Computer Aided Testing System 计算机辅助测试系统) 是当今最高级的岩土软件。在这个模块中，结合直接用户的根据试样尺寸计算测试参数的程序设计，三轴试验变得非常简单。这些参数可以实时计算，并且可以用来显示，作图和控制。使用计算后的测试参数直接减小了预计算到设计测试程序的复杂性和长度。这使用户可以更加集中精力在被测材料的特性上，而不是在电路和设备操作上。数据可以很简单地输出到其它的 Windows 程序中，如 Excel。

三轴测试模块可以自动控制所有三种测试轴：轴向加载，室压和孔压。对于加载架，室压，孔压和容器内温度的高级控制，是同过 CATS 测试软件以更高的精度和同步性来执行的。

除了从传感器直接读到的参数，三轴测试模块包含 20 个测试输入，在表 1 列出。这些参数用来实时计算，也可以用来监视或控制。也有可供用户选择的计算应变  $\epsilon_a$ 、 $\epsilon_r$  和  $\epsilon_v$  的计算方法，这些参数既直接输入，也可以计算为其它应变的函数。 $\epsilon_a$  可以从加载架轴向变形测量，也可以使用轴向变形输入来计算。 $\epsilon_r$  可以从半径，径向或环向装置测量，也可以作为其他应变的函数来计算出。 $\epsilon_v$  可以直接内部（孔压）和外部（体变）测量，也可以作为  $\epsilon_a$  和  $\epsilon_r$  的函数。上边所有的参数都根据试样尺寸和测试系统设置来自动计算。通过回答一个小的问题，这个程序提供所有现场参数的正确计算。

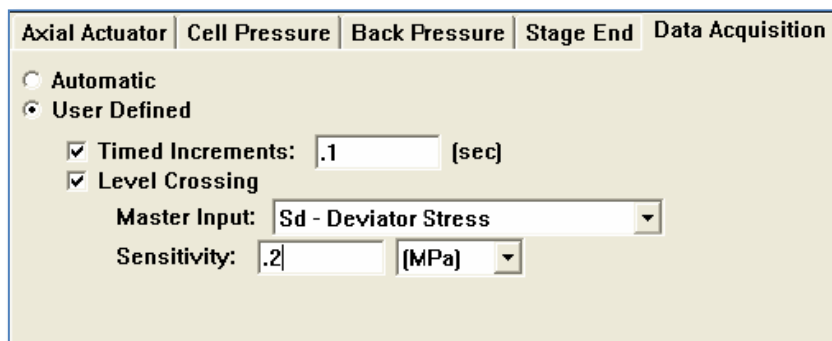
**表 1. 标准计算输入**

1.  $\epsilon_a$ - 轴向应变
2.  $\epsilon_r$ - 径向应变
3.  $\epsilon_v$ - 体向应变
4.  $\epsilon_{oct}$ - 八向应变
5.  $\gamma$ - 剪切应变
6.  $A_c$ - 修正面积
7.  $\sigma_d$ - 偏量应力
8.  $\sigma_a$ - 轴向应力
9.  $\sigma_a'$  - 轴向有效应力
10.  $\sigma_c'$  - 有效围压
11.  $P$  Cambrighe Mohr 参数应力
12.  $P'$  Cambrighe Mohr 参数有效应力
13.  $P$  MIT Mohr 参数应力
14.  $P'$  MIT Mohr 参数有效应力
15.  $q$  Mohr 参数应力
16.  $T_{oct}$ - 八面剪切应力
17.  $U_{ex}$ - 额外孔压
18.  $\mu$ - 泊松比
19.  $E_t$ - 正切杨氏模量
20.  $E_s$ - 正割杨氏模量

软件模块包括一个程序，自动降低加载活塞直到接触到试样，在应变控制下，通过初始移动之到检测到轴向压

力，然后转成应力控制，直到达到预设的应力。软件修正  $\sigma_d$ -偏向应力，由于围压产生的对加载轴的上升力。当改变围压时（手动或者通过程序），直接控制  $\sigma_d$ 可以避免加载活塞松掉而接触试样。应力计算对应于修正面积，而不是原始面积，所以“真实”的应力应该实时计算并控制。

CATS TRX-ROCK 软件程序提供了一个默认的数据采集过程，但是它可以优先使用用户选择的采集速率。时间采集，平面交叉采集，或者二者皆能。



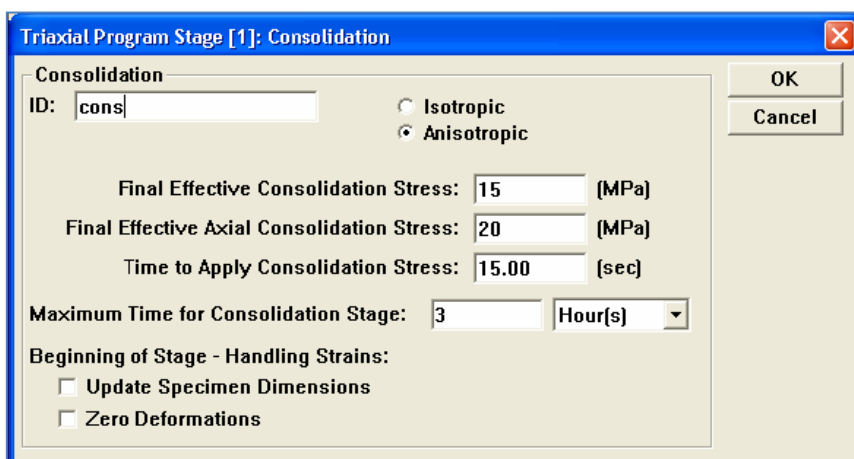
岩石三轴模块实际上有四个独立的阶段组成：固结，静态加载，动态加载和通用加载。一个测试程序可以由最多 100 个阶段组成，可以任意次数和任意次序使用每个阶段。

在每个阶段结束后都能够自动变形清零和升级试样尺寸，用户可以进行使用一个试样和一个测试程序进行多阶段测试。

CATS-TRX-ROCKS 可以容许用户配置计算机屏幕，隐藏无限个数的显示和图像。用户从几个不同的工具中选择实时显示任意传感器的输出和计算参数。另外，在进行任意测试时，可以在图像上实时设计和显示任意的用户设置的图表和作图的测试参数。屏幕设计为可以保存而后使用。

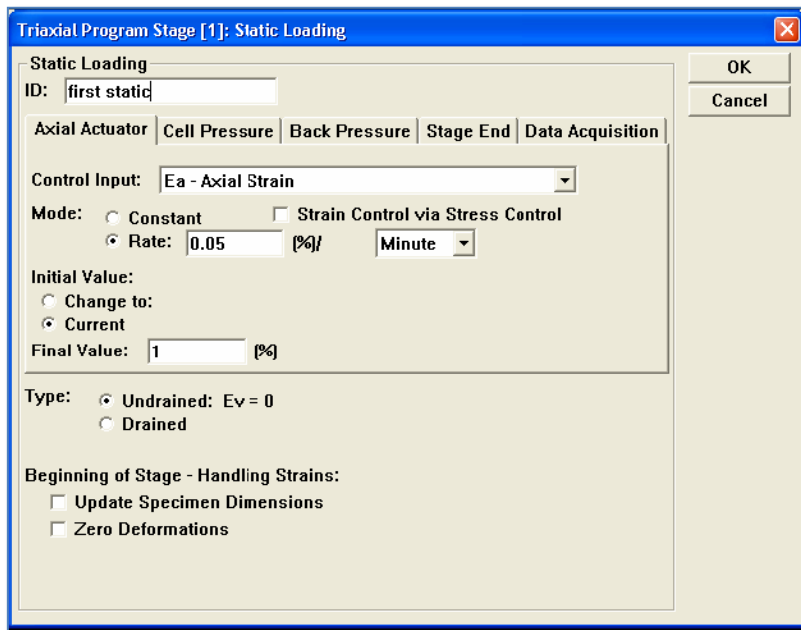
### 8.4.3 固结

固结阶段进行各向同性和各向异性固结。这个阶段也提供一个施加固结应力时间的选项，所以固结应力可以以等变率的方式施加，而不是瞬时的。



### 8.4.3 静态加载

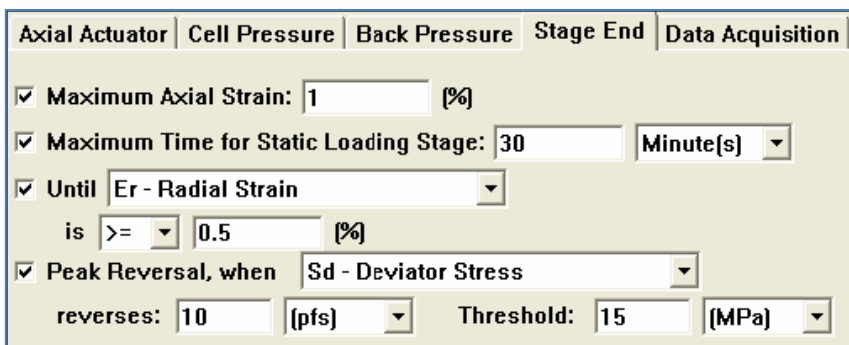
静态加载阶段对于设置静态加载是很简单的，这里所有三个测试轴的控制将被建立，既可以使常数也可以是等变率方式。任意测试参数，测量的或者计算的，都可以被选择用来控制进行复杂测试。在测试过程中，从一个参数到另一个参数的平滑或者无扰得控制转换也可能减少这个转换过程对试样的扰动。这样，一个测试可以编程为应力控制开始，然后切换到轴向或者径向应变控制，以获得更好的加载速率，在试样破坏时降低速率。这个控制选项可以应用于三个轴：轴向制动，室压和反压。在这种形式下，加载头可以以一定速率施加轴向应变，而围压保持为 0 径向应变 ( $K_0$  测试)。



这个阶段也可以在测试过程中手动改变三个轴向的应力应变速率。

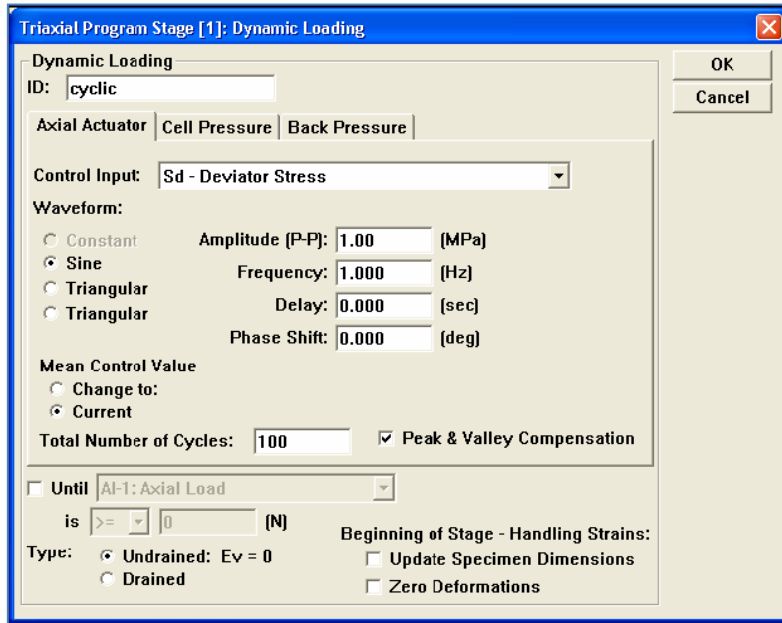
用户设置 Data Acquisition (数据采集) 选项为自动, 而软件自动选择参数, 或者用户手动制定数据采集参数。

静态加载阶段可以通过几种预先设置条件停止, 包括通过时间, 通过一个输入限制, 或者通过峰值反转, 即当峰值下降到一定数量或正切模量为 0。这些选项可以任意组合选择。通过程序化这些条件, 一个多阶段的测试可以自动进行。



### 8.4.4 动态加载

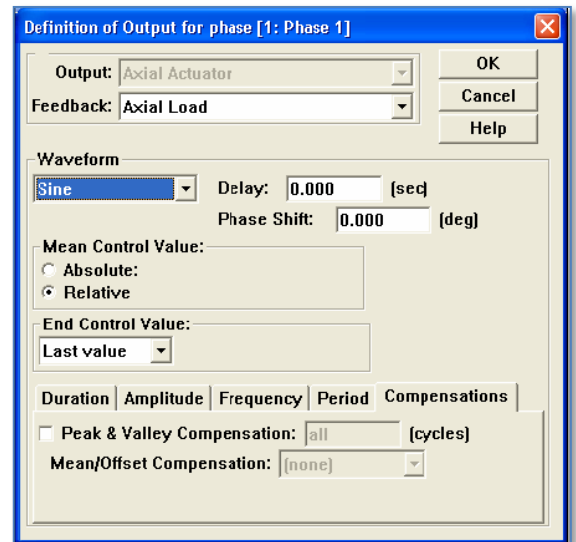
动态加载阶段是设置循环阶段，有传统的正弦波形，三角波和方波（固定波形用于室压和反压轴），这里将建立所有三个轴向的控制。甚至当试样经历重大变形或劲度降低之后，控制轴向应力（不同于轴向加载）和波峰和波谷补偿保证了波形幅值得精度。在整个测试过程中，保持周期振幅是非常重要的。



使用通用软件模块，可以使用更高级的波形。

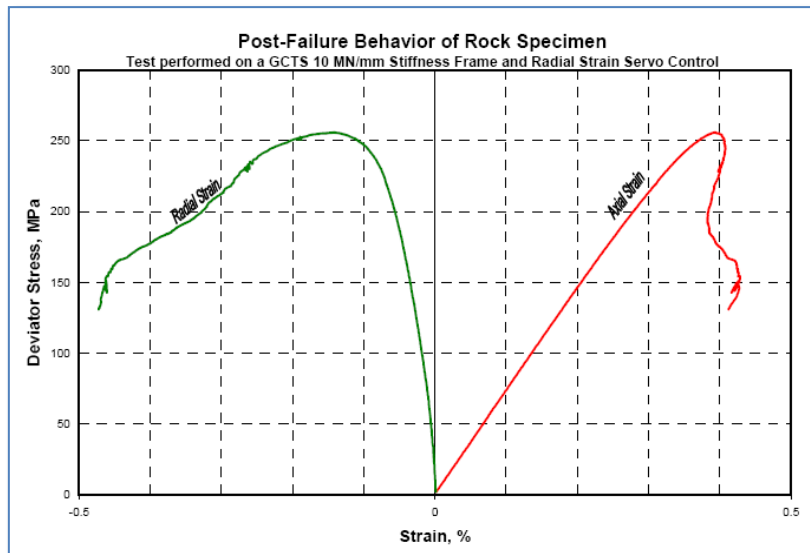
### 8.4.5 通用模块

当标准模块不能提供要求的试验程序时，使用通用模块。通用模块提供所有硬件（加载架，室压，室温等）的完整控制。这个模块提供几个预设的波形，如等变率，正弦，三角，方波，随机波等，这里，频率和振幅可以从一个周期到一个周期指定为常量或者变量。另外，“play-back”功能可以容许用户编辑任意用户产生的任意控制轴的轮廓。在通用模块中，所有的三轴测试计算参数都可以记录或者控制。更多信息参考 CATS 软件资料册。

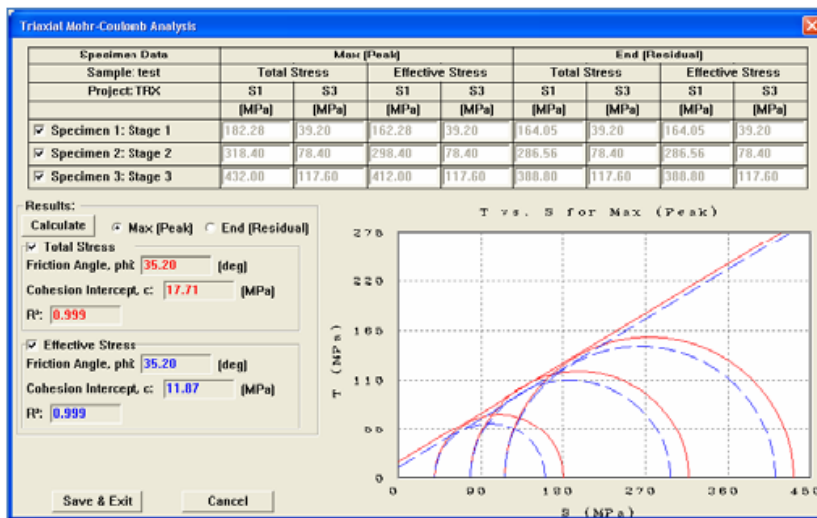


### 8.4.6 生成报告

CATS TRX-ROCK 程序可以简单而快速的生成报告，个别试验结果可以作成不同格式的图。也可以合并测试结果，计算摩擦和内部影响（对峰值和残余值）。图像和绘图可以直接输出到任意的 Windows 程序中，如 Word。另外，所有保存的测试数据和计算参数，包括 Mohr 圆也可以直接输出到 Excel，已备更深层次的分析 and 生成报告。使用一个特殊的试样，也可以自动计算摩擦角和内部影响。软件计算这些参数从峰值到残余情况，从总的应力到有效应力。程序也可以让用户选择计算中的试样。甚至，Mohr 圆和其他的结果图直接用其他程序打印，如 Word 和 Excel。



典型的三轴测试曲线



## 九、系统功能模块

### 9.1 RPX-300 岩石独立控制真三轴试验装置:



#### 9.1.1 特点

- 不锈钢结构, 在 GCTS 岩石三轴单元内执行多轴 (真三轴) 测试
- 可容纳最大尺寸为 50.8 mm x 50.8 mm x 101.6 mm 的立方体样品
- 独立控制  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$  (其中  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ ) 或  $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $\epsilon_3$  或每个轴的应力或应变控制组合。
- 测量所有三个正交方向的应变
- 应力控制高达 70 MPa
- 可选装真三轴超声波传感器, 用于测量不同应力状态下的 P 波和 S 波速度
- 可选装声发射传感器, 用于声发射三维成像分析
- 可选装水力压裂压板可用于执行井筒稳定性测试
- 提供定制夹具以适应现有的三轴室

#### 9.1.2 描述

GCTS RPX-300 多轴夹具可用于研究中间主应力对岩石工程行为的影响, 并充分描述岩石在一般多轴压应力系统下的强度。RPX-300 是一种简单经济的夹具, 可增强标准 GCTS 岩石三轴系统的能力, 包括单元和孔隙压力控制。该夹具设计用于安装在 GCTS 内三轴单元, 并使用载荷框架 (通常) 应用  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  通过夹具的平插孔施加。

## 9.2 超临界 CO2 流体注入模块：



连续流用气动阀



温度控制夹套

- 260x 高压注射泵可提供精确地、可预测的流量和压力控制, 流量从亚微升到 107ml/min, 在 9500psi(655bar) 下的微流量稳定性, 使其成为从深井岩心分析到广泛的化学应用的理想高压注射泵。
- 压力范围: 10-9500psi, 实现恒定驱替大流量高压超临界 CO2 等流体, 并可支持其它酸性或碱性介质 (满足 H2S、CO2,等酸性物质、PH<10 的弱碱性物质)
- 泵最大容积: 266ml
- 流速范围: 0.001-107ml/min
- 流量精度: 设定值 0.5% (最大 1.0pl/min 密封泄露)
- 注入口装置: 启动阀双泵系统带温度夹套: 包括双泵、控制器 1 个、连续流动气动阀包 1 个、温度夹套 2 个
- 出口测量装置: 气体阀单泵系统带温度夹套: 包括单泵、控制器 1 个、启动阀包 1 个、温度夹套 1 个
- 260x 高压注射泵, 用于盐水等腐蚀性液体, 连接孔压增压器和岩石三轴压力室, 用于岩石三轴试验中进行孔压控制, 渗透测试中的水头压力, 水压致裂测试中流体压力等。
- 耐腐蚀 当需输送强腐蚀性流体时, 可选哈氏合金浸湿部件或特殊密封圈, 如高级纯特氟龙。其它选 配件也可在用户需求下提供。
- 温度控制夹套 通过循环加热或冷却的液体来控制缸体 温度。缸体冷却后可迅速、完全填充液 化气体, 当连续流动系统用于快速输送 该类介质时, 推荐使用温度控制夹套。 温度范围为-20°C~100°C



压力传感器



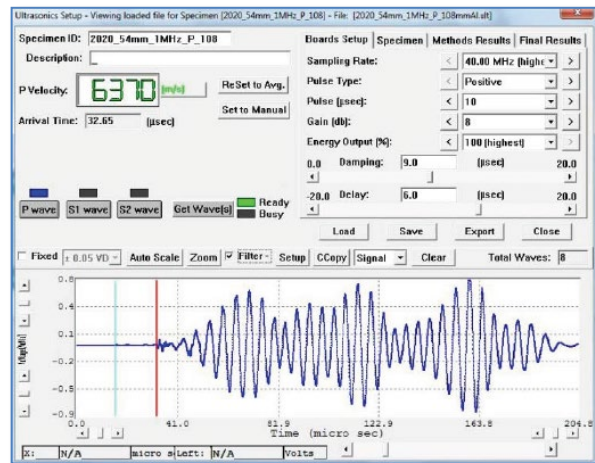
三轴渗透压头

### 9.3 ULT-200 超声波速测试系统



#### 9.3.1 系统特点

- 20MHz采样速率，16位分辨率
- 自动压缩波 (P波) 和剪切波 (S1和S2) 波速
- 可测试土体、岩石、沥青和混凝土试件
- 数字化控制脉冲发射和接收
- 先进的软件，包括采集，分析，储存，绘图和能
- 0-10 VDC输出，对应于P波和S波速度，可以数据采集系统连接



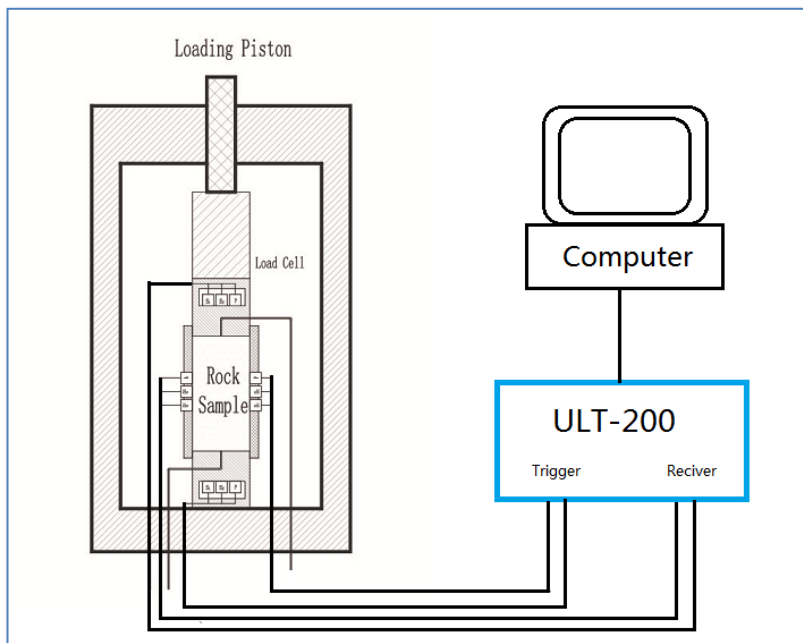
测量  
报告功  
与外部

#### 9.3.2 系统描述

实验室进行的超声波速测量是用来研究在模拟在现场剪切条件下的地质材料的弹性状态。超声测试是一种无损的检测方法，可以得到压缩波 (P波) 和剪切波 (S波) 的波速信息，这些波速用来计算动弹性常数，如泊松比、杨氏模量 (E)、体积模量 (K) 和剪切模量 (G)。

GCTS超声波速测试系统是一个“交钥匙”系统，包括进行实验室试件的超声波速测量的所有部件。系统也可以

获得单个测量结果或者预设次数的多个测量结果，和其他测试参数。T1, T2和T3是脉冲发生端, RX1, RX2和RX3是接收端, 分别采集P波、S1波和S2波。可以通过OUTPUT端口可以把测试波形输出到通用的示波器上。



### 超声波测试系统示意图 (可选三轴径向声波

### 各项异性)

GCTS超声波速测量系统进行数字化测量波形。这个系统使用了一个计算机板用于高速计算机软件进行数据分析。计算机软件集成在幅度、采样率、输入增益、脉冲极性和波形增控制, 同时波形显示在计算机的屏幕上。“脸



压缩和剪切波速和存储数据采集, 一个尖端的计GCTS软件环境中。脉冲强可以有计算机软件来对脸”的压盘修正可以

输入到软件中, 这样可以同时计算剪切波速和压缩波速。数据存储在硬盘中以便使用软件进行进一步的分析。操作者可以通过软件察看原始数据和波形的频谱。在原始数据上使用波形滤波、波形筛选度数、带通频率选择(低/高)、抑制频带 (dB) 和转换带宽 (kHz) 来得到“过滤后”的波形, 这对于处理“原始”波形是非常方便的。GCTS超声波速软件可以用于各种模拟现场剪切条件或者“bench”测试(即, 在试件上没有施加额外的应力)的实验室测试系统。模拟现场剪切条件的系统包括三轴室和真三轴室, 也可以用于现场测试。系统也包括一个综合数据采集系统来记录其他的测试参数, 如载荷和变形。

ULT-200系统使用快速脉冲发生器给超声传感器提供激励, 和一个超高速模数转换器来存储结果波形信号。采样频率可以从20MHz到156Hz中选择, 以使用户很宽范围的超声波信号。使用设定范围从-22dB到20dB的自动增益, 就可以控制能量输出、衰减和延迟, 这样用户就能够以不同的想法产生超声波形。同时, ULT-200种也包括一个8通道多用途数据采集装置, 能够接收 $\pm 10V$ 直流信号, 用来记录各种参数, 如载荷和变

Setup	Specimen	Methods Results	Final Results
Type:	Coal	Edit	
Height:	2.5	(inch)	Update
Density:	12.73	(g/in <sup>3</sup> )	Update
Mass:	25.00	g	
Diameter:	1.00	inch	

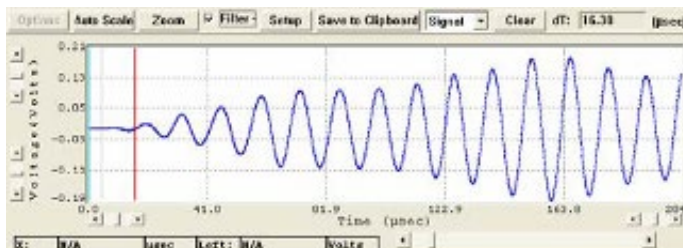
形。另外，2个0-10V直流模拟信号提供与P波和S波波速成比例的恒定输出，用于与其它额外数据采集仪的连接。在CATS超声波软件中，用户可以数字化控制接收器和脉冲发生器，以保证操作简单和高度的重复性。

软件包含一个普通材料（金属、岩石和土壤）超声波速的数据库和图像化的关于选择到达时间的建议。这个数据库也可用来提醒用户软件自动计算的波速是否在材料波速的范围内。

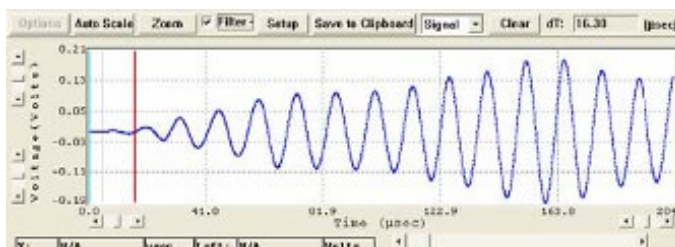
CATS超声波软件也包含可供用户选择的波速的单位，并且时间/频率对于压缩波和剪切波也是独立的参数。在软件中，可以叠加多个波形来减小噪声。CATS超声软件以原始格式或者过滤后的格式来显示接收到的信号，同时显示信号的傅立叶变换和能量谱。



原始信号



FFT频谱



滤波后的信号

用于能够应用高级的过滤技术从原始信号中滤掉噪声信号。过滤器的设计非常简单，仅需点击记下鼠标就可以在频率域中实现图像化设计。当默认的程序选择不足以得到想要的波形可以使用不同的过滤器类型和模式（脉冲传输不合适时，采用专家模式）。在一些高级滤波器类型中，提供Chebyshev（类型1和类型2）和Butterworth可以选择滤波顺序和滤波模式（低通、高通和带通等）。当使用自动波速测量时，使用这个程序进行保存和设置滤波器和脉冲发生器。

具有人工判定和自动判定两种模式，软件使用5种不同的方法自动测定超声波速：绝对阈值、最大振幅的相对阈值、首峰的相对阈值、首峰和首峰切线。用户也可以手动测定波速。一旦P波和S波速测定后，可以简单地输入一些试样的参数，CATS软件可以自动计算泊松比，杨氏模量，体积模量和剪切模量。

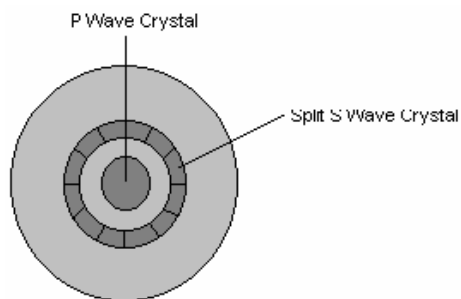
Setup	Methods Results	Setup	Specimen	Methods Results	Final Results
Arrival Time (µsec) P Velocity: (m/s)		P Velocity: 1384 (m/s)			
<input type="checkbox"/> 1 - Absolute threshold: 0.80 15190		S Velocity: 181 (m/s)			
<input checked="" type="checkbox"/> 2 - Relative threshold: 31.20 385		Poison's Ratio: 0.49			
<input checked="" type="checkbox"/> 3 - Rel. of First Peak: 30.60 392		Young's Modulus: 11069 (psi)			
<input checked="" type="checkbox"/> 4 - First Peak Time: 33.20 362		Bulk Modulus: 210827 (psi)			
<input checked="" type="checkbox"/> 5 - Tang. of First Peak: 30.36 395		Shear (Rigidity) Modulus: 3711 (psi)			
Average: 31.34 383					
<input type="button" value="Methods Setup"/>					

### 5 种不同的方法自动测定超声波速和使用SI单位

GCTS生产各种各样的超声波底座传感器，包含压缩和剪切振频率从50kHz到1MHz的压缩和剪切晶体可以订购。测试沥青、岩石和土壤的也可以使用不同的配置在压力室内测量P波速。

超声波晶体频率：200kHz、1MHz

超声波传感器耐压：140MPa，耐温：200°C



[查看结果](#)

晶体。共青、混凝土和S波波

预埋压缩和剪切晶体示意图



预埋压缩晶体和剪切晶体的超声波测试压头，25mm直径

### 9.3.3 系统规格

#### 信号调节和脉冲发生：

- 数字化控制脉冲发生器和接收器，包括反混淆滤波器
- 40MHz采样率，16位分辨率数字板
- 10MHz带宽接收器
- 用户选择脉冲能量振幅
- 脉冲上升时间少于5纳秒

#### 计算机接口和数据采集：

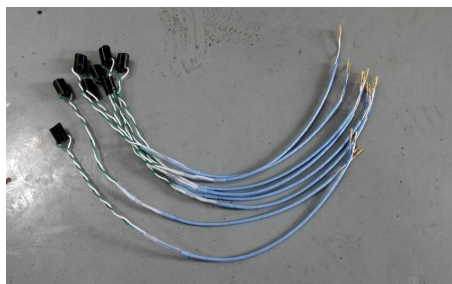
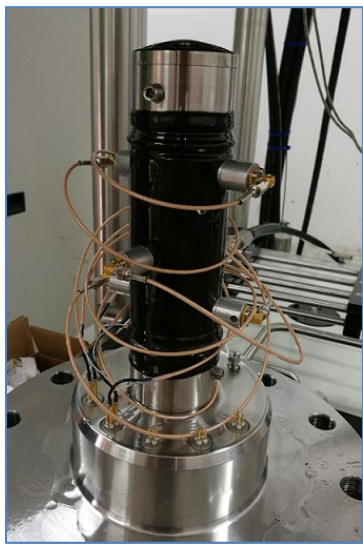
- 8个通道模拟输入, 200Hz反混淆滤波器
- 16位分辨率,  $\pm 10V$ , A/D数据采集板
- 2个D/A通道, 用作P波和S波波速输出, 与其他外接数据采集和控制系统相连

#### 超声波速和数据采集控制器:

- 微处理器, 基于数字信号处理和信号增强控制器
- 波形重叠
- 滤波
- 频谱分析
- 超声波压头 (传感器): P波和S波晶体同时内置于三轴压头内, 支持高温高压力学和超声波同时进行测试
- 计算机控制选择开关, 自动选择P波和S波脉冲发生器和接收传感器

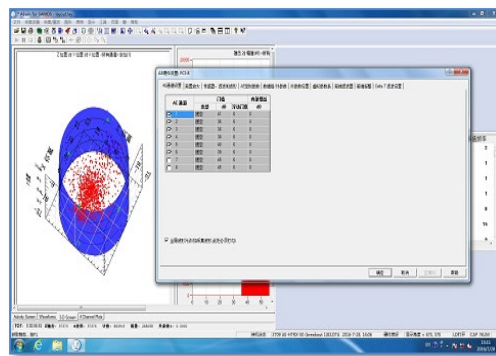
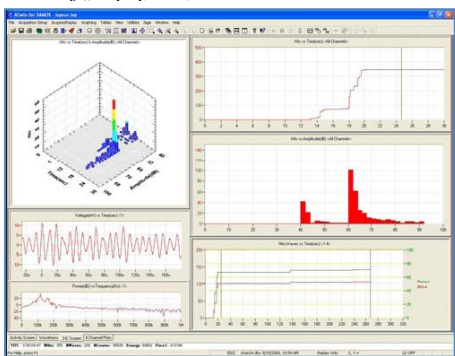
自动波速计算: 绝对阈值、最大振幅的相对阈值、首峰的相对阈值、首峰、首峰切线。

### 9.4 高温高压声发射三维成像分析系统

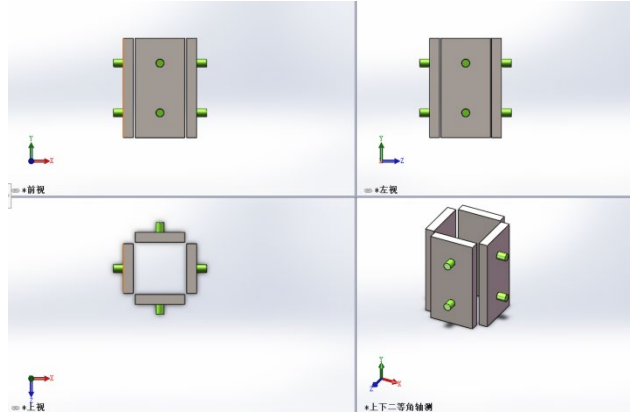
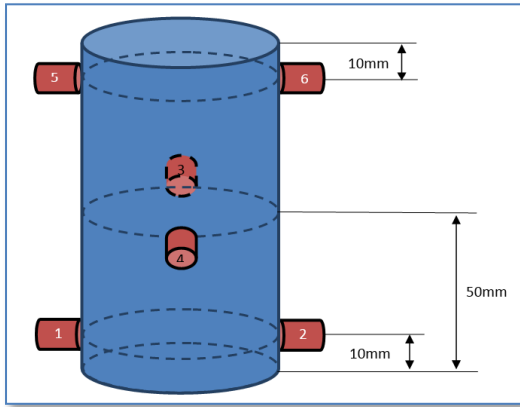


#### 9.4.1 系统特点

- 8通道声发射信号处理,每个通道每秒10百万的采样(10MSPS), 18位的分辨率
- 每个通道,4个高通和8个低通滤波选择
- 2个参数输入,16位的分辨率
- 8个前置放大器,可以切换增益,10-1200kHz的滤波带宽和低噪音
- 32位的Windows软件,图形显示AE事件,同时可以参数输入
- 可以进行单轴或三轴的声发射
- 最大围压可达210MPa

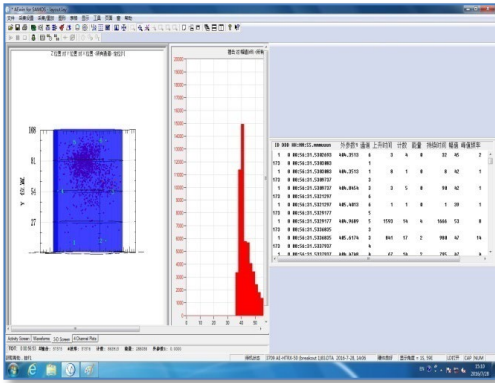


### 三轴声发射软件界面

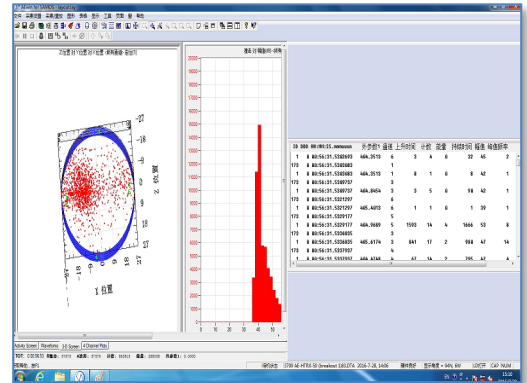


三轴条件下 6 个声发射传感器安装示意图

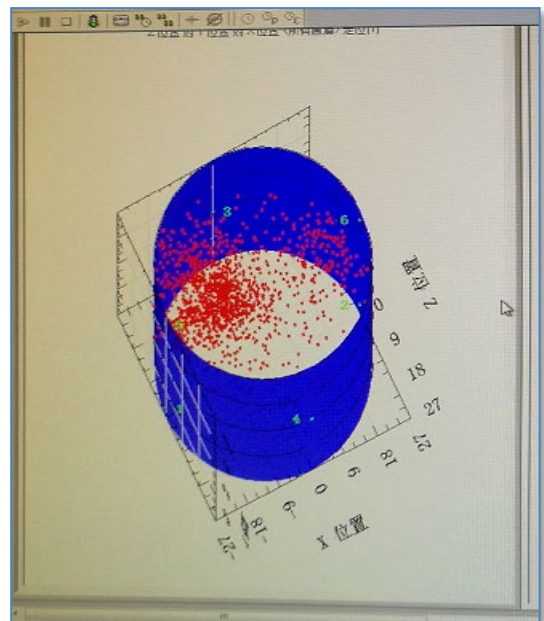
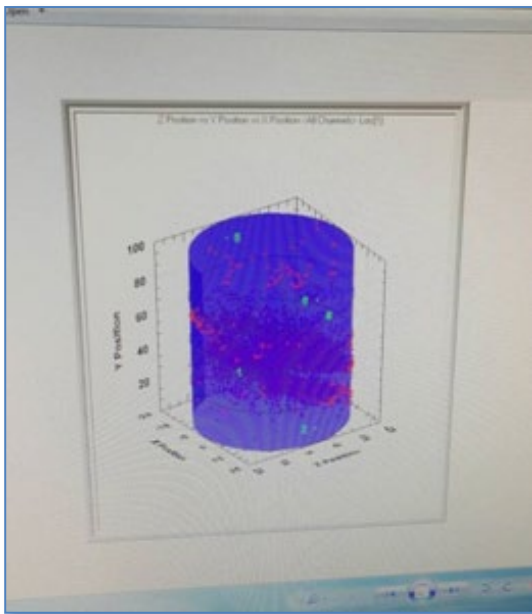
真三轴条件下 8 个声发射传感器安装示意图



三轴条件下实测三维声发射过程



三轴条件下实测三维声发射过程



三轴条件下实测三维声发射成像