



TRACKER

界面流变/张力仪

2014年10月

Tracker



- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

原理



表界面张力



液体的内聚力是形成表面张力的重要原因

原理



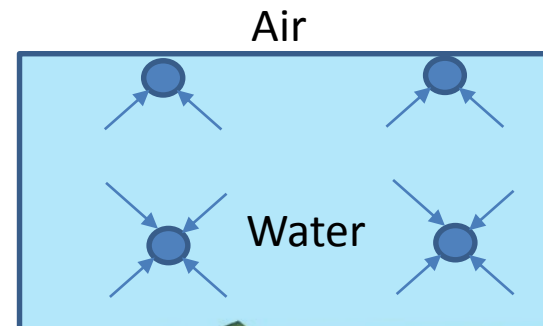
表界面张力

- 表面张力: 气-液或气-固界面间的张力
- 界面张力: 不相溶的两项间的张力
- 单位: 牛顿/米 ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$) 或 焦耳/平方米 ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$)

两种定义:

- 力学: 表面曾存在着一个平行于界面, 垂直于分界面的力($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$)
- 热力学: 单位面积的能量. ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$)

因界面分子受力不平衡, 造成分子表面向液体内部方向的作用力, 此垂直液面方向的力即为表面张力



原理



室温环境下，以下液体（空气-液）的表面张力：

液体	张力($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$)
醚 (Ether)	19.3
乙醇 (Ethanol)	22.3
甲醇 (Methanol)	22.6
苯 (Benzen)	28.9
甘油 (Glycerin)	64.0
水 (Water)	72.8

原理



表/界面张力- 实例

表面活性剂作用



原理



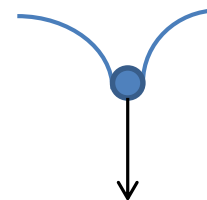
表/界面张力- 实例

表面活性剂作用



重力和表面张力达到平衡，方向相反：**曲别针漂浮**

表面张力



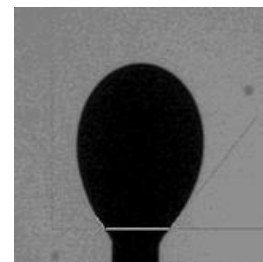
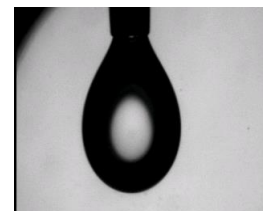
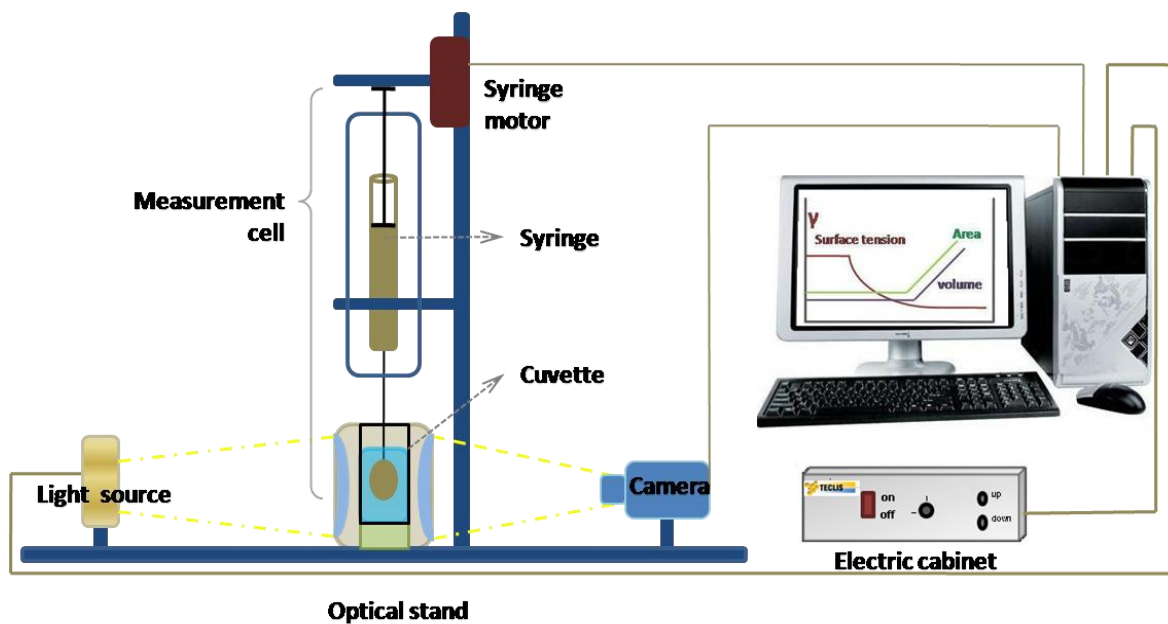
重力

当加入表面活性剂，其表面张力下降，小于重力：**曲别针下沉**

原理



原理



原理



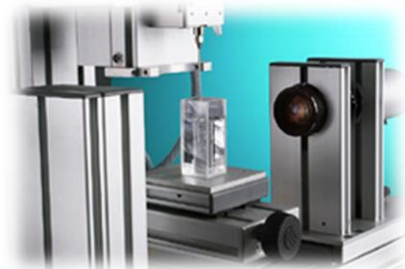
在空气中的水滴 (含表面活性剂)

原理



如何从液滴形状获取表/界面张力?

原理



Tracker软件运用两个公式做计算
获取表/界面张力数据：

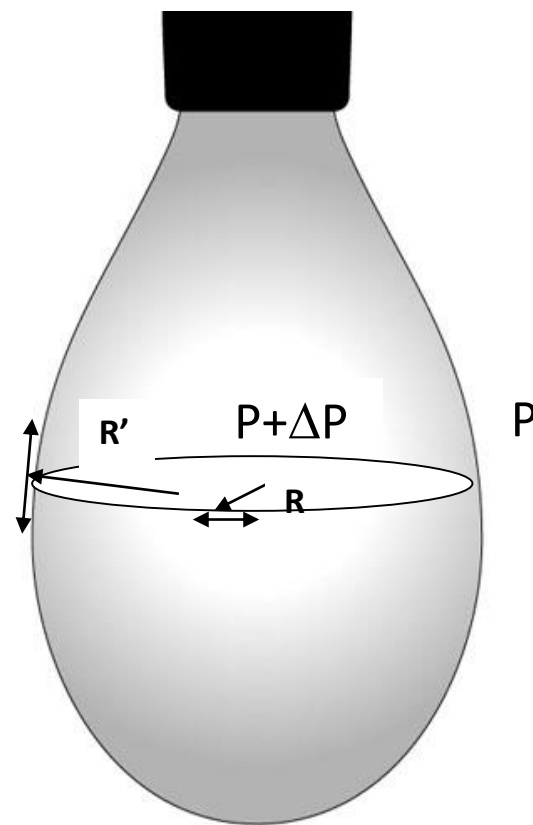
1) - Laplace -Young 方程:

$$\Delta P = \gamma \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

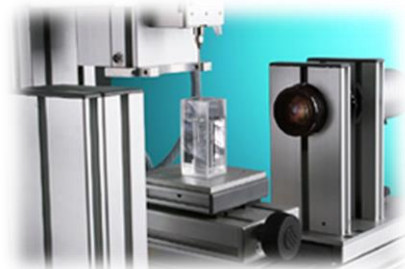
ΔP 为在界面上的某点在滴内外两边的压力差

γ 为界面张力

R 和 R' 分别为某点在界面上的曲率半径



原理



2) – 界面上某点(M点)平面流体静力方程

$$2\pi x \gamma \sin \theta = V(\rho_h - \rho_l)g + \pi x^2 \Delta P$$

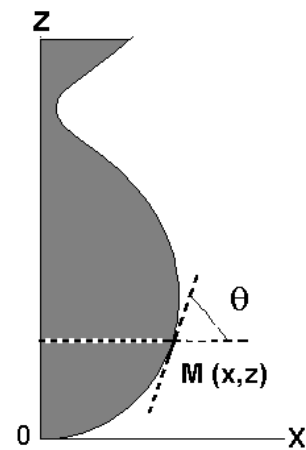
ΔP 为在界面上的某点在滴内外两边的压力差

g 为重力加速度

γ 为界面张力

V 为某点(M)平面下方的体积

ρ_h 和 ρ_l 分别为重/轻相的密度

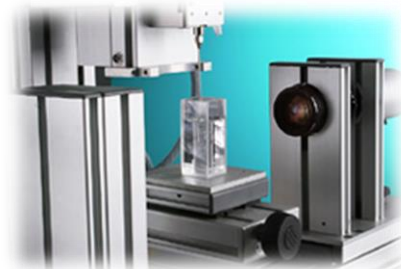


原理



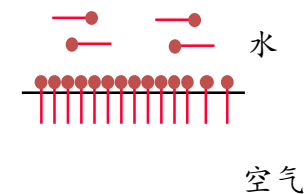
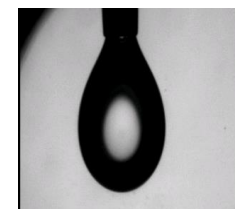
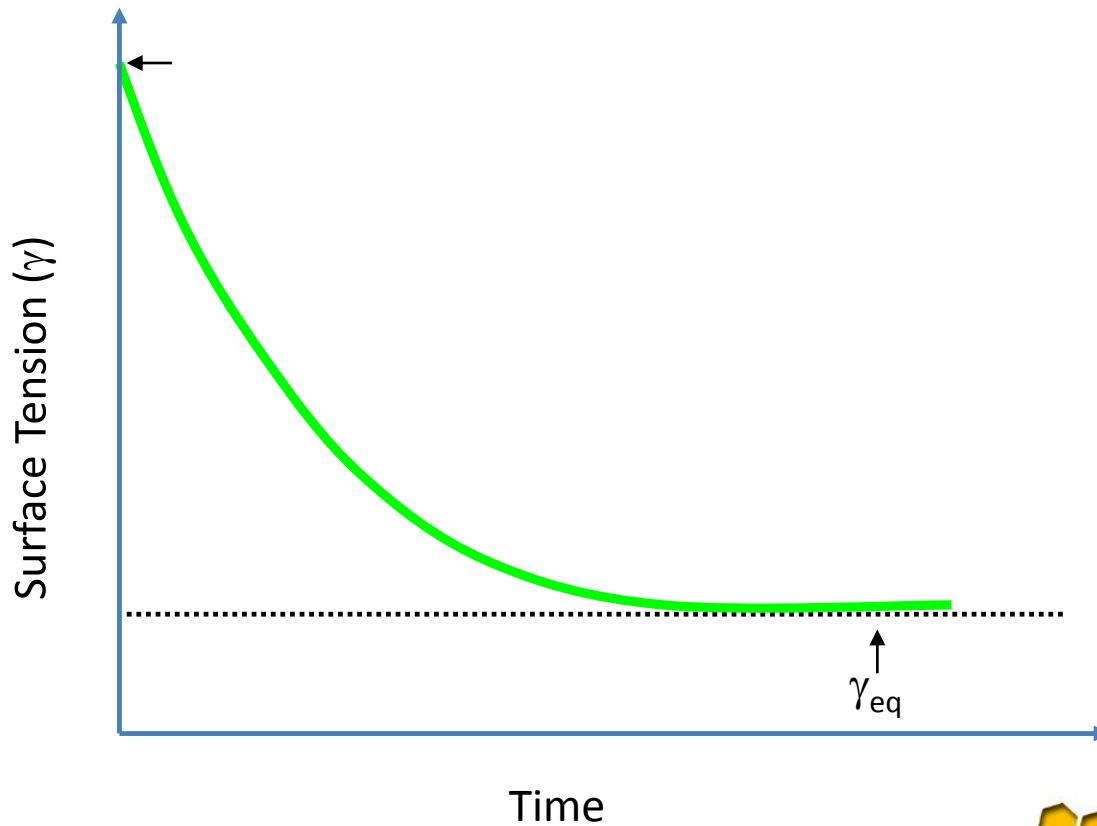
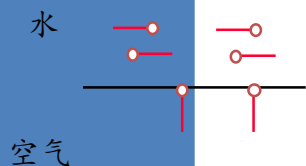
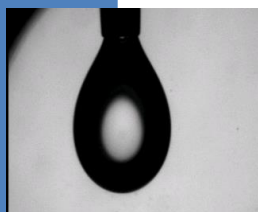
为什么表/界面张力会
随时间而变化？

原理



表/界面张力仪

生成液滴



原理



表/界面张力仪

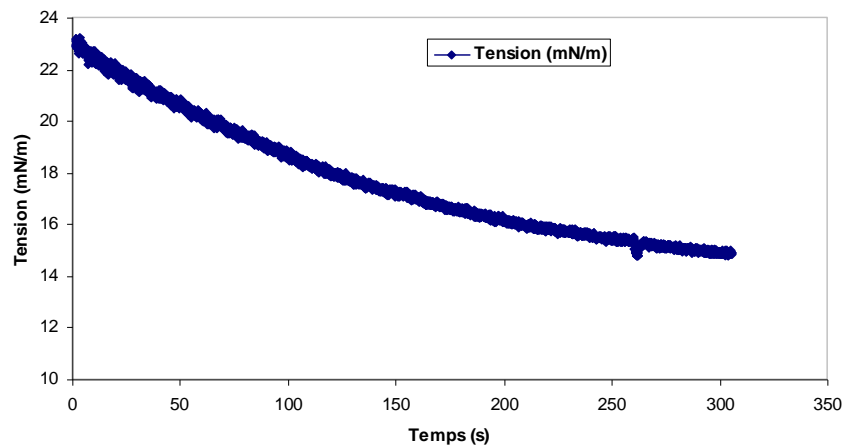
因为表面活性剂分子从水滴中扩散到界面，其表面浓度升高，直到张力平衡，表面张力值停止下降。

原理

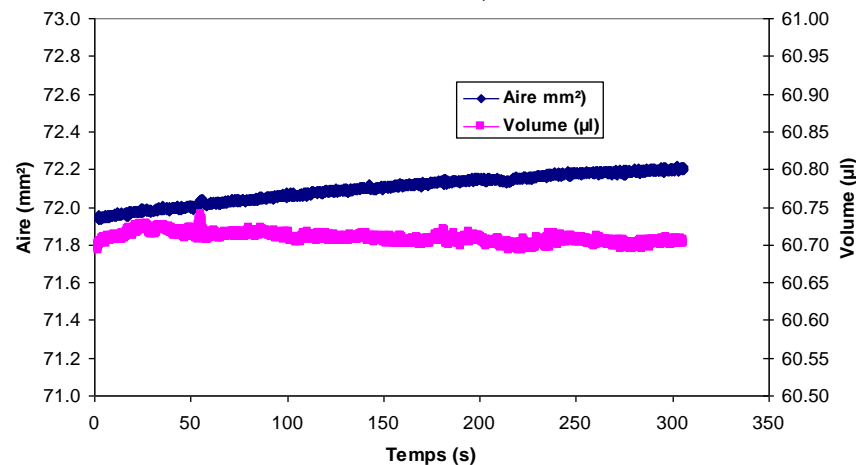


实例：界面张力随时间变化

硅油滴



硅油滴



原理



Tracker软件的主要功能

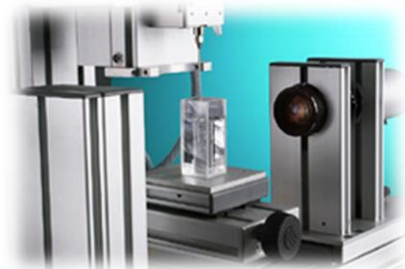
- 自动计算表/界面张力，滴面积和体积
- 实时显示表/界面张力，滴面积和体积
- 最高采样频率为每秒钟25次
- 测试中可以控制滴以下属性：
 - 可任意控制/设定滴面积；
 - 可任意控制/设定滴体积。

界面流变/张力仪



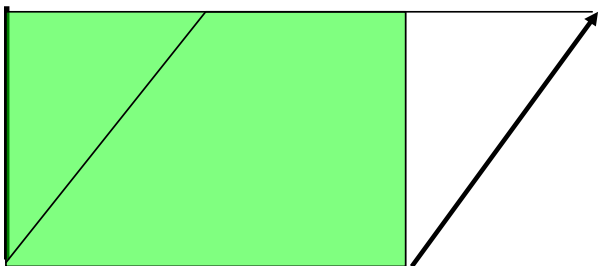
界面流变?

界面流变/张力仪



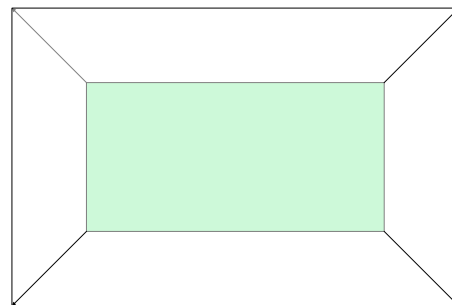
界面流变

界面形变的方式



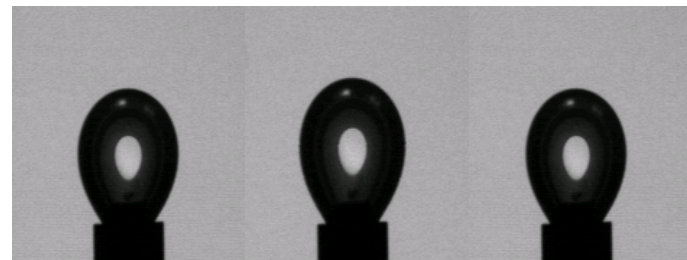
抵抗形状的变化

剪切流变



抵抗面积的变化

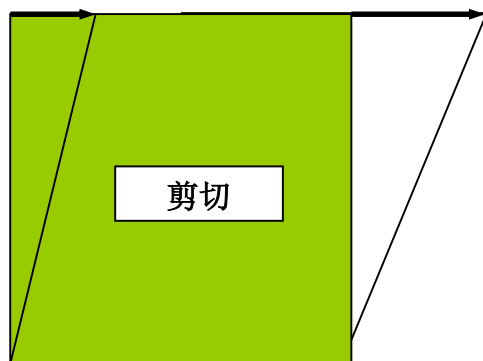
扩张流变



界面流变/张力仪



界面流变



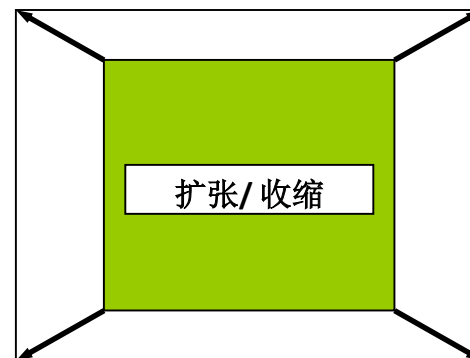
界面浓度不发生变化



没有吸附/解析发生



IFT几乎没变化



界面浓度发生变化



吸附/解析



IFT有变化

界面流变/张力仪



界面流变参数

表面粘弹模量的定义:

$$E = d\gamma / (dA/A) = d\gamma / d \ln(A)$$

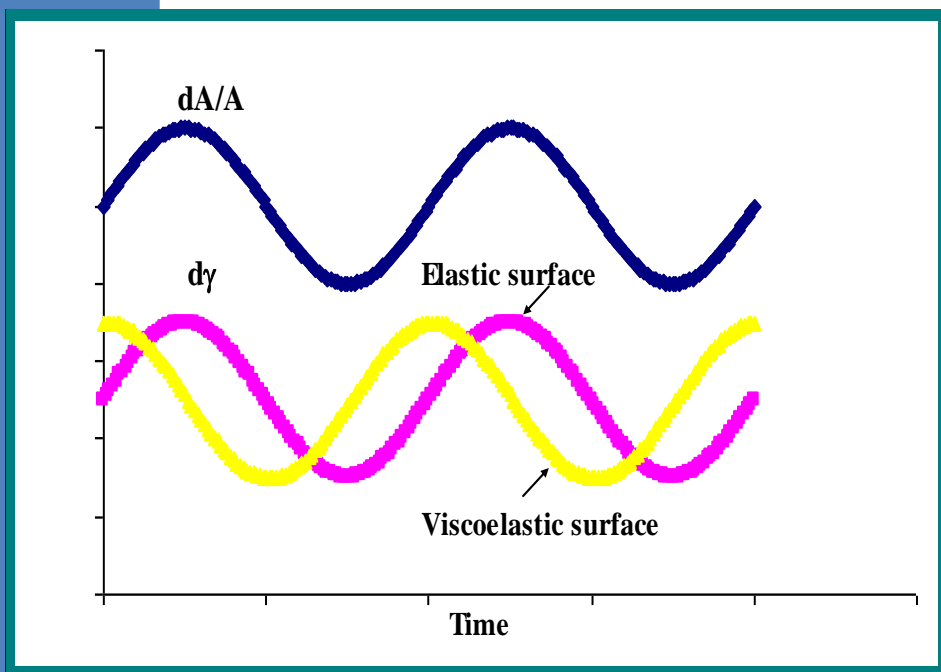
γ 为界面张力
 A 为界面面积

界面流变/张力仪



界面流变: 正弦面积振荡

界面流变参数



振荡实验中E以虚数表示:

$$E = |E| \cos(\theta) + i |E| \sin(\theta)$$

θ = 相位角

弹性部分:

$$E' = |E| \cos(\theta)$$

粘性部分:

$$E'' = |E| \sin(\theta) / \omega$$

角速度 $\omega = 2\pi f$, f = 频率

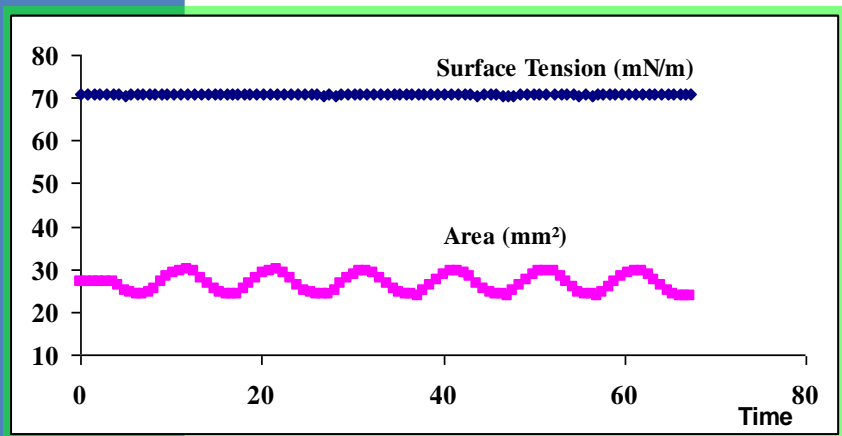
界面流变/张力仪



界面流变: 正弦面积振荡

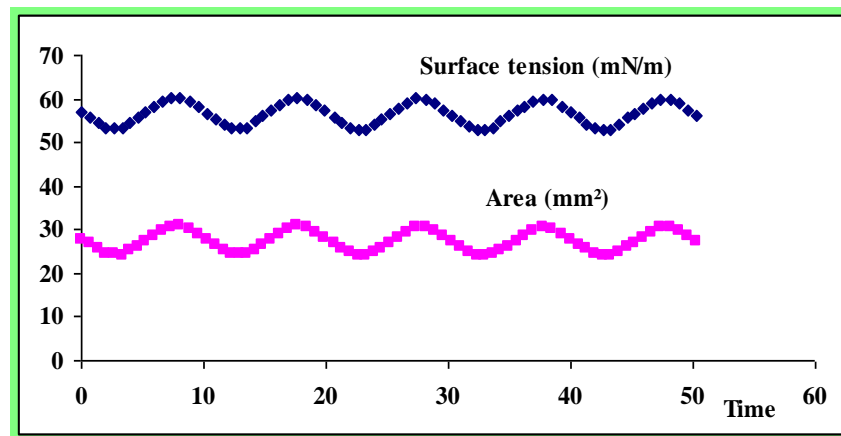
低分子表面活性剂: C12E6

无表面活性剂 (周期 = 10s)



$E = 0 \text{ mN/m}$

C12E6 浓度0.01 g/l (周期 = 10s)



弹性行为, $E = 20 \text{ mN/m}$

Tracker



- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

概述



Tracker Video

启动 Tracker



1. 打开电脑
2. 开启电控箱
3. 打开WinDrop软件
4. 选择*.cfg配置文件

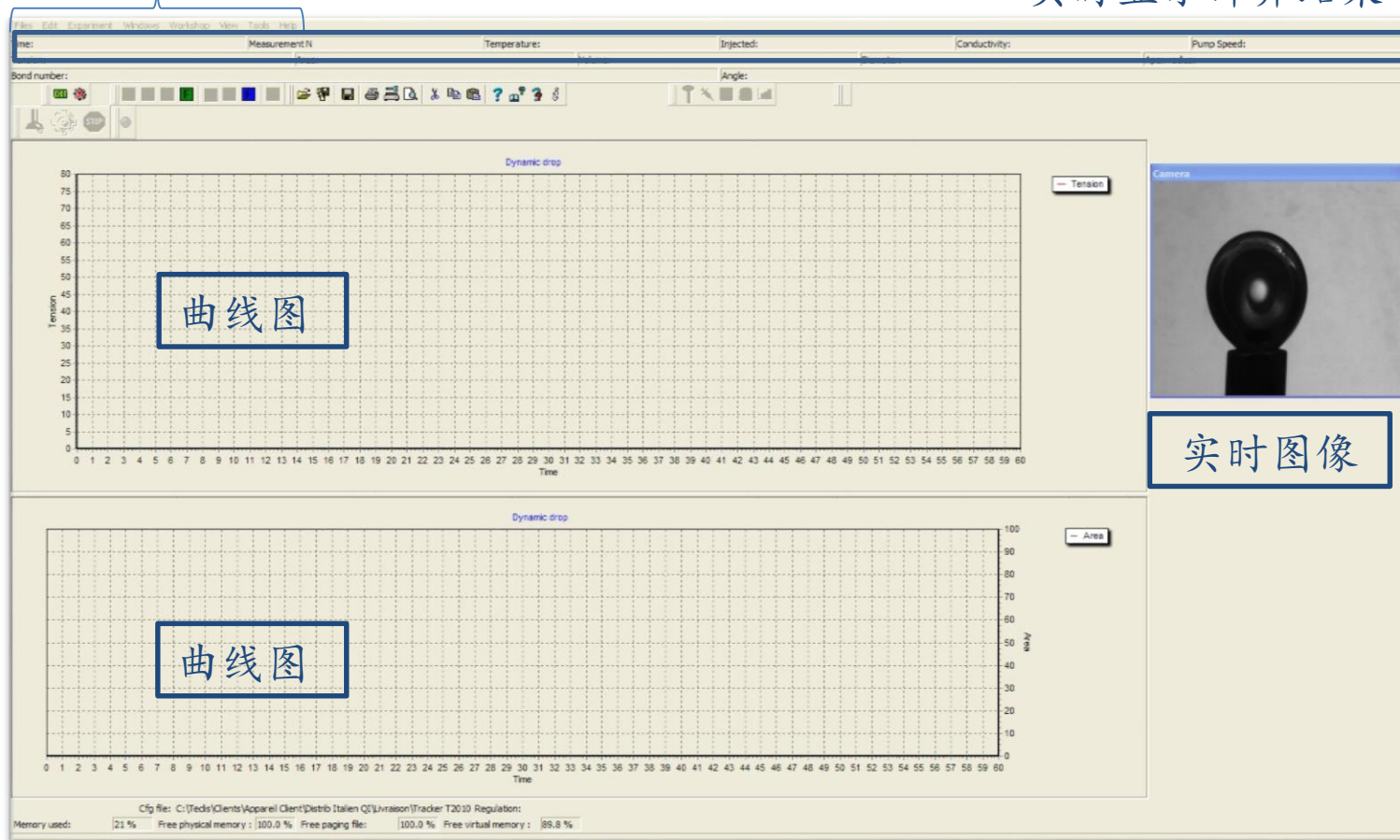
备注: 所有参数都被保存在配置文件中

软件界面



菜单

实时显示计算结果



Tracker

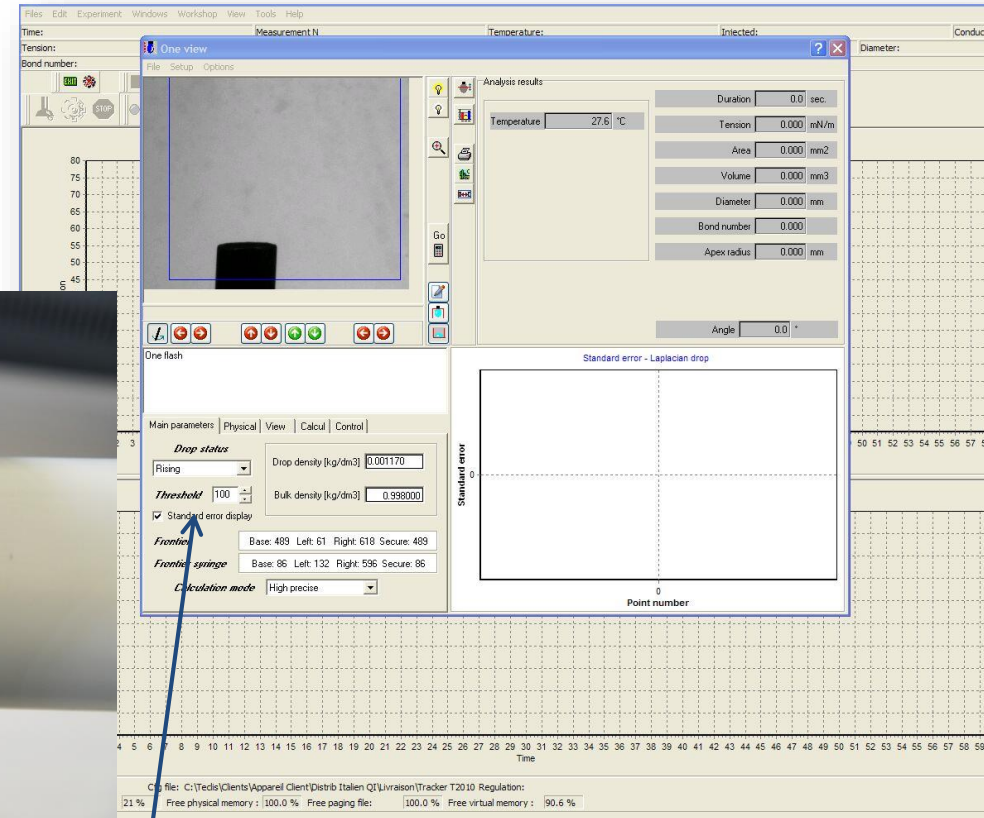
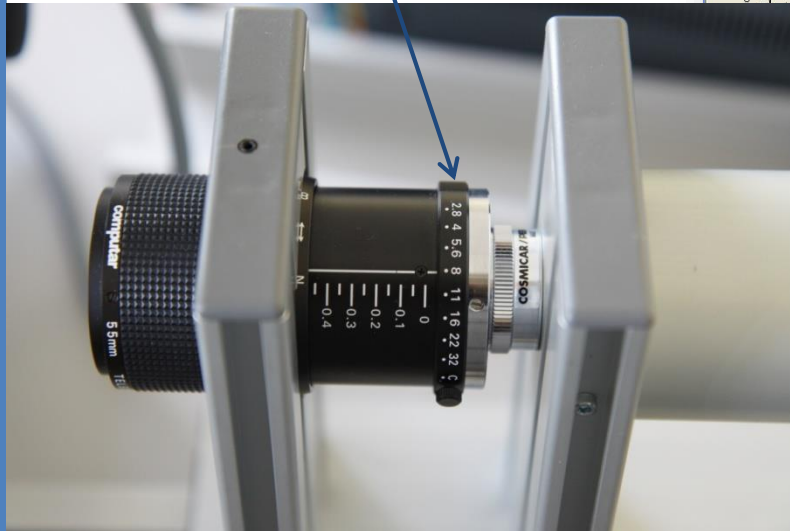


- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

标定仪器

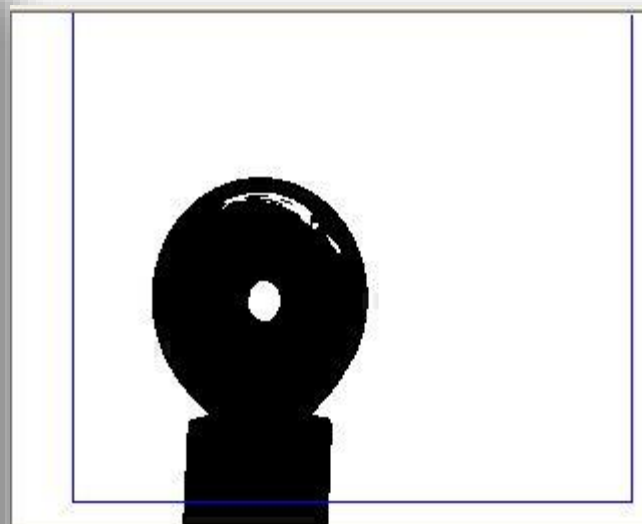
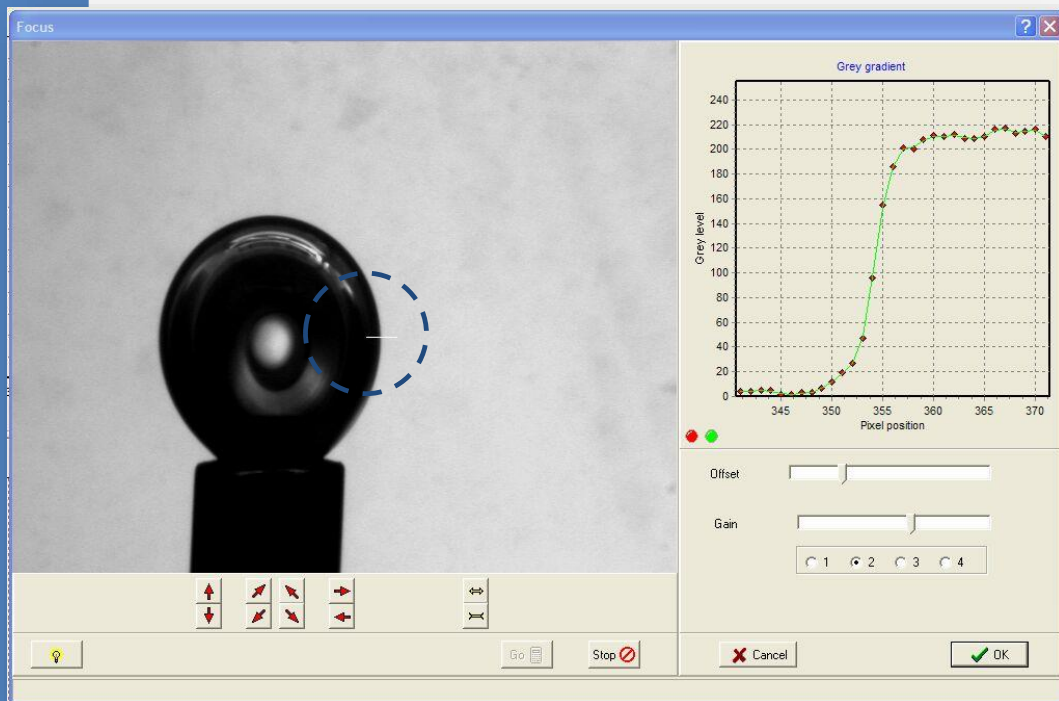


镜头光圈(8-16)



图像亮度限额值: 100

调焦



照相机观测到图像

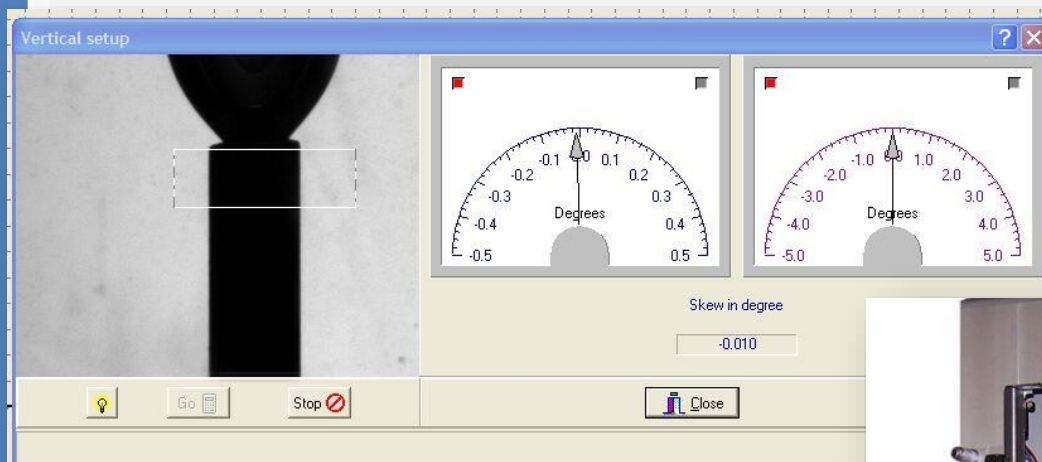
调焦对于提取滴轮廓非常重要。

黑色部分的灰度在 0-20

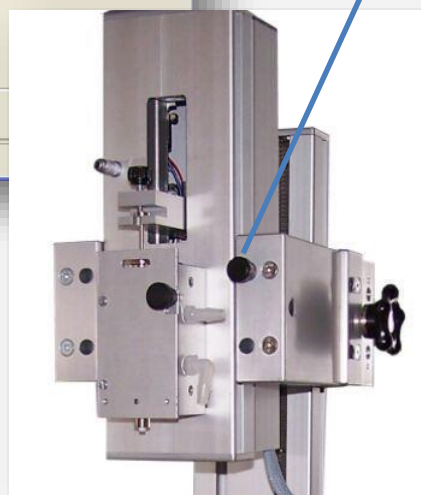
亮色部分的灰度在 200-220

图线中间上下转换部分越陡越好（代表清晰度）

针头垂直度



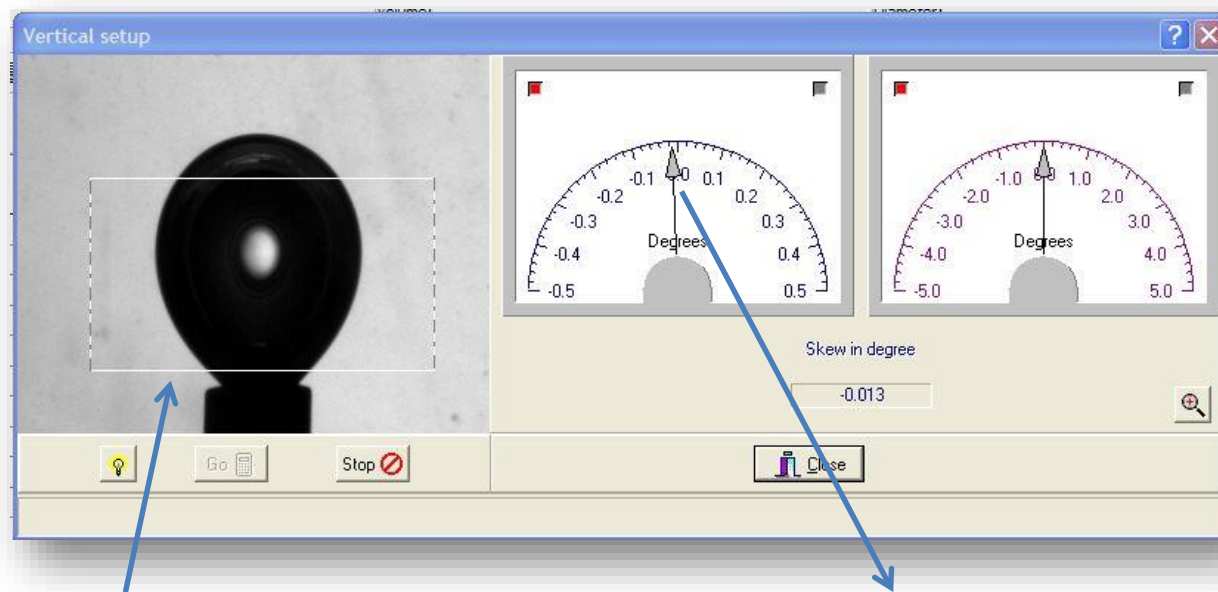
拧动旋钮调节注射器
垂直度



滴垂直度



检查滴垂直度



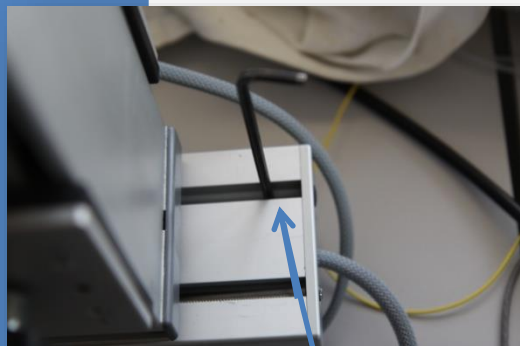
使用鼠标从左向右在滴图像上画出亮色长方形

最理想的状态：角度为0

滴垂直度



Tracker仪器调整

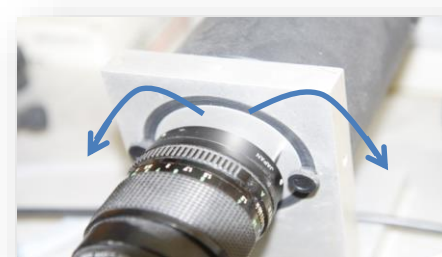


转动螺丝

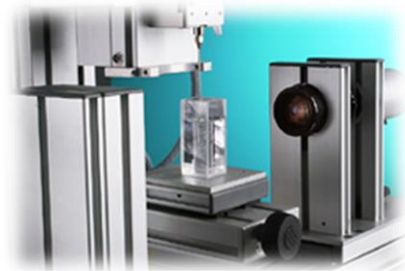


新款仪器

旧款仪器

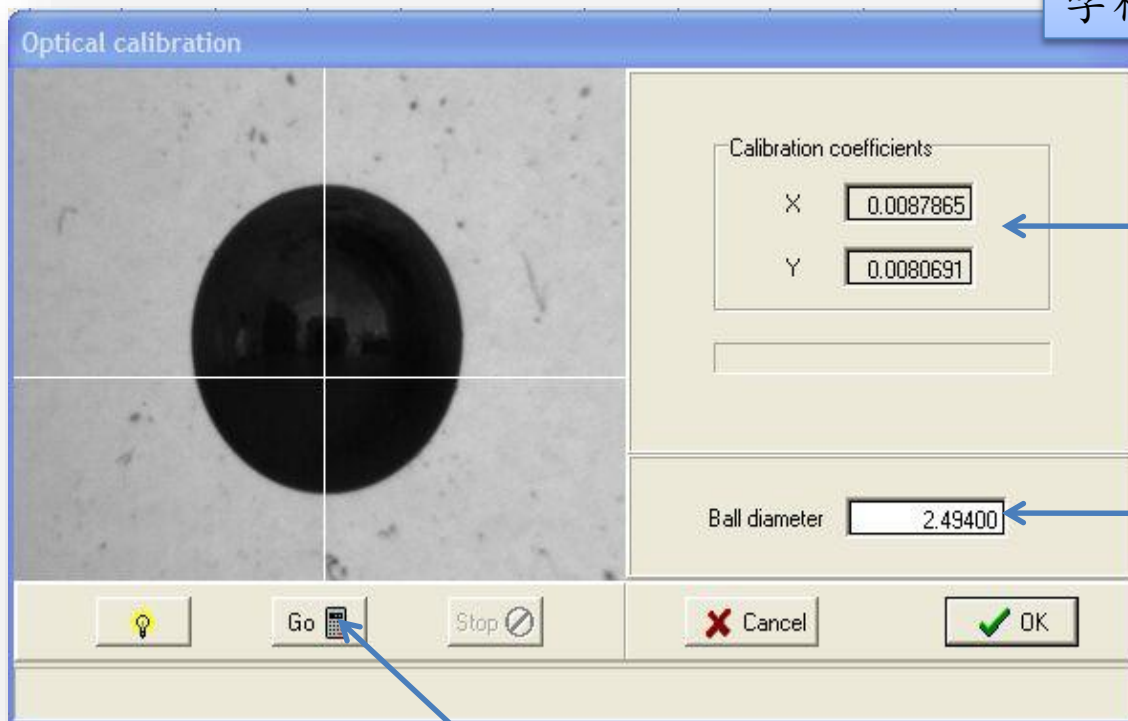


光学标定



亮色十字湖必须放在标定球上

在移动仪器和改变照相机镜头后，都需要做光学标定

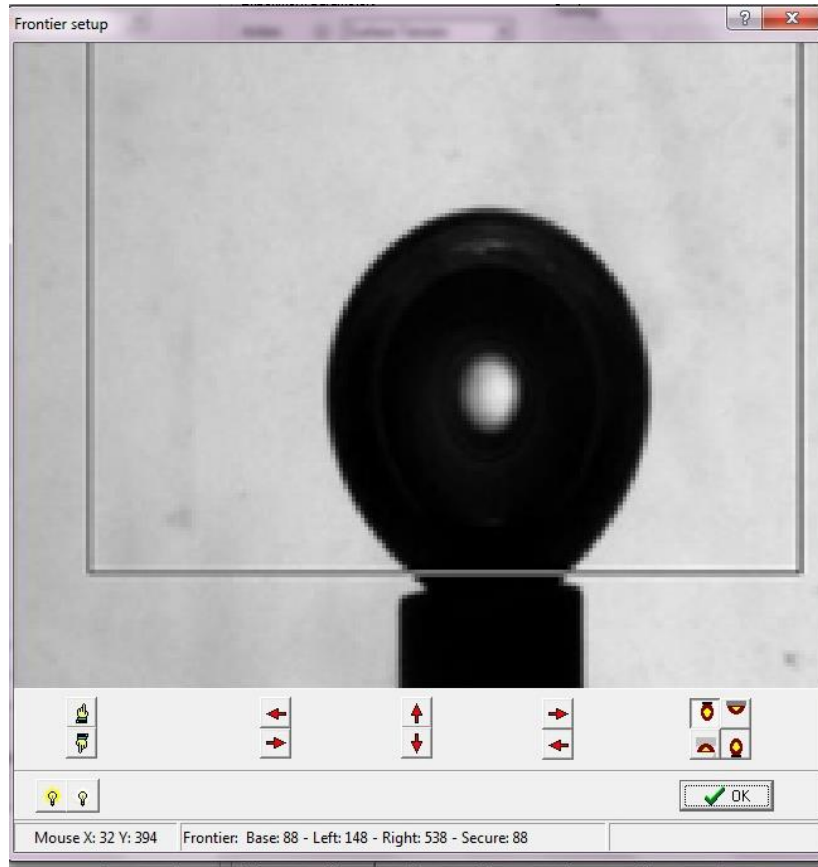


像素尺寸

标定球直径

开始标定按钮

边界线设定

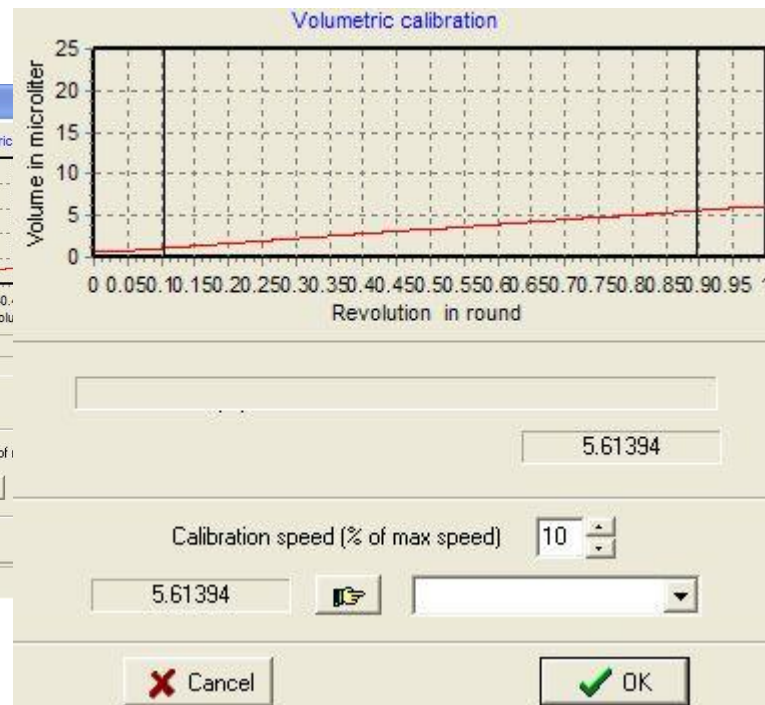
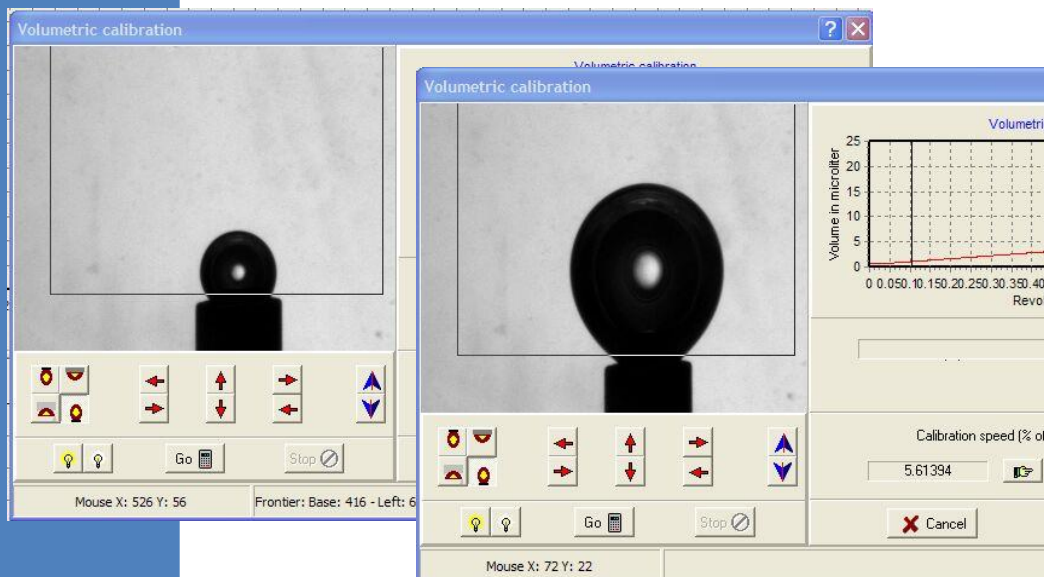


根据滴状态不同,边界线设定在滴接近针头部位,但是不要触碰到针头

体积标定



根据马达转速和针管量程，确定滴体积。



在做振荡是，正确体积标定允许我们严格控制振荡振幅值。

Tracker



- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

检验仪器清洁度



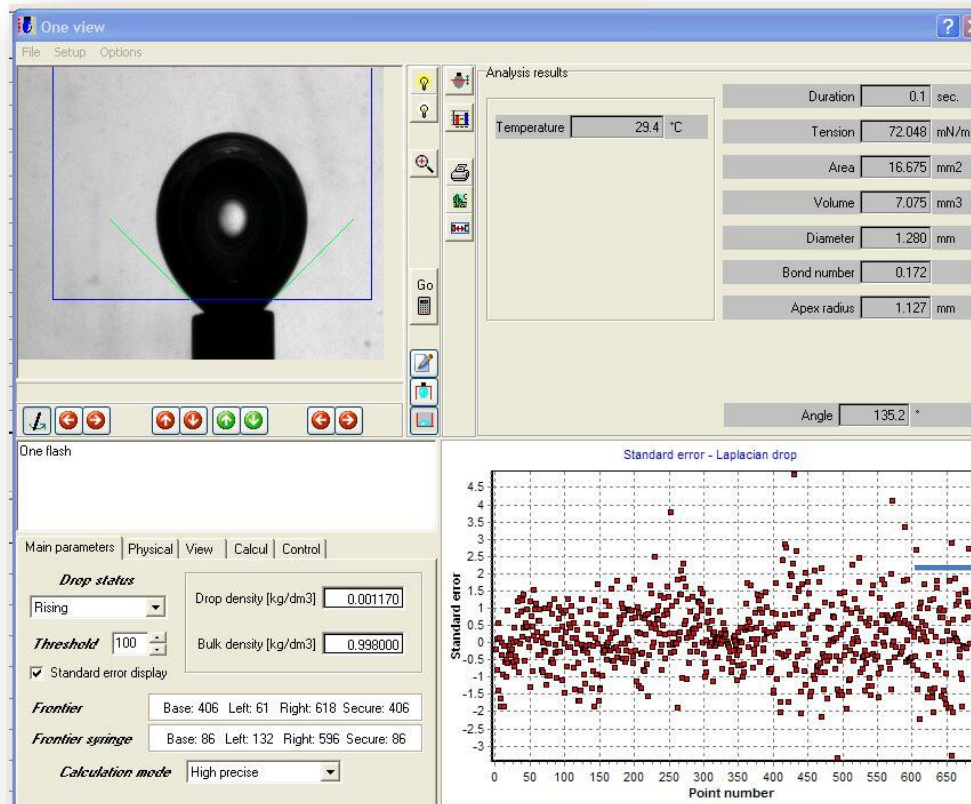
选用测试: 上升滴 (空气/去离子水)

- 在水中生成一个上升气泡
- 使用one measurement计算并检查:
 - 表面张力是否在72 mN/m左右
 - 点云是否无规律分布在0轴
- 启动测试
- 测试中, 可以做10分钟的体积正弦振荡

检验仪器清洁度



One measurement 计算:
— 静态表面张力计算



→ 水的表面张力

→ 滴初始体积

→ 点云

检验仪器清洁度



上升滴状态

测试目的

密度

初始体积

体积模式-->正弦振荡

Measurement board

Physical parameters

Drop status: Rising

Drop density [g/cm³]: 0.001170

Bulk density [g/cm³]: 0.998000

Experiment parameters

Action: Surface Tension

Initial volume: 10 μ l after 1 Drop

Syringe: 5.36321 microliters

Control parameters

Stop on time after: 0.24 seconds

Stop on eject:

Saving

Data

Images

Synchronize

Periodic saving

At the end

Without saving

Graphic parameters

Top: Tension

Bottom: Area

View parameters

Threshold setup

Vertical setup

Frontier setup

One image analysis

Calculation parameters

Calculation mode: High precise

Standard error display:

Crop the drop:

Volume profile sinusoidal

Amplitude: 1 μ l

Period: 10 sec.

Shift: 0

Active cycles: 5 number

Blank cycles: 5 number

Oscillation sampling: 0 sec.

OK

检验仪器清洁度



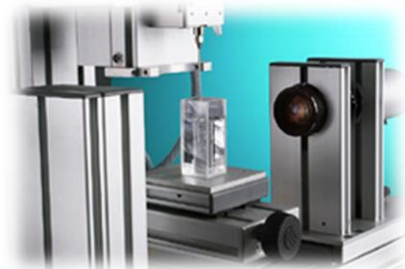
张力测试	正弦振荡	测试结果
保持约72mN/m	张力基本无变化	Tracker体系干净
随时间下降	张力回应	Tracker体系不洁

Tracker



- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

张力测量：技巧



关于上升滴测试（针管为轻相）

优势：

- 无蒸发
- 对震动反应不敏感（比较悬滴而言）

劣势：

- 不能用于测试浑浊液体（重项）

张力测量：技巧



被测液为浑浊液（透光性差）：

1. 提高光源亮度

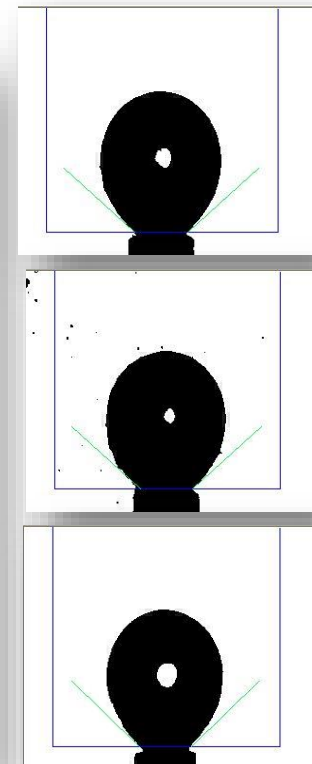
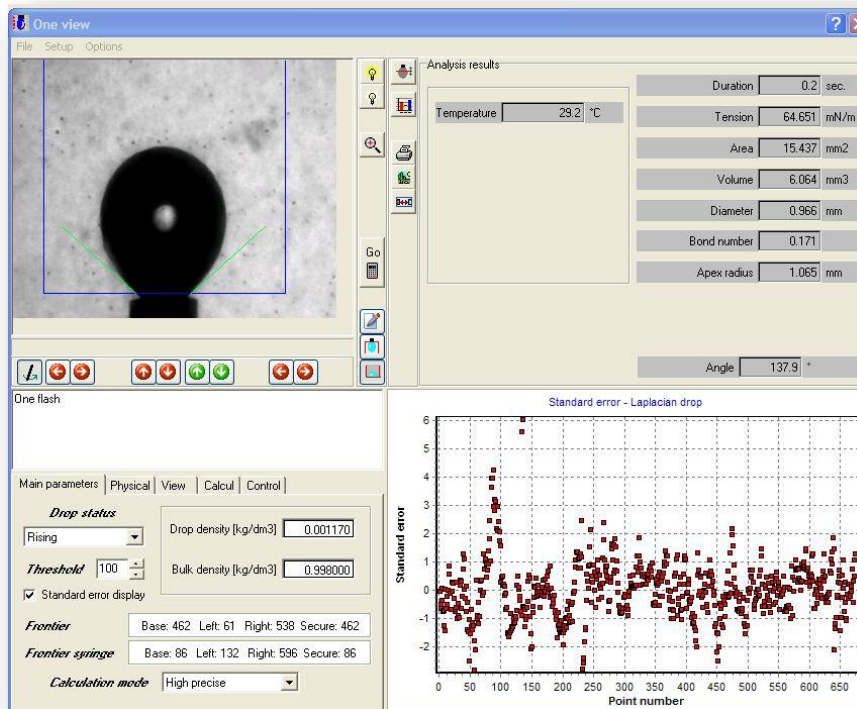


电控箱光源
拨钮 (high)

张力测量：技巧



2. 减小Threshold限定值

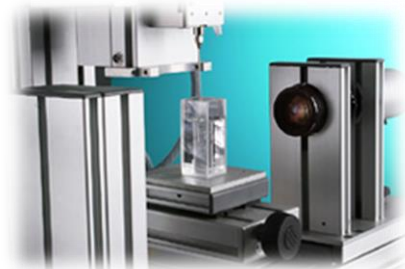


Threshold
100

Threshold
130

Threshold
50

张力测量：技巧

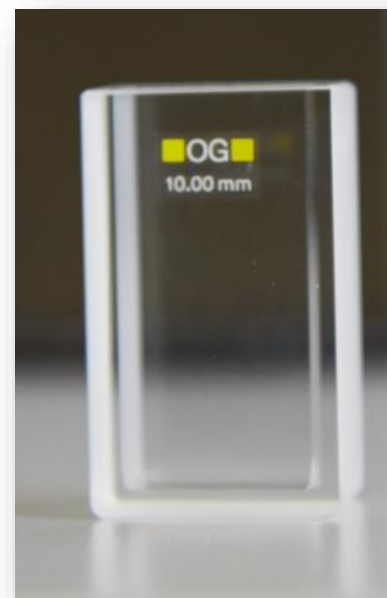


3. 更换样品池



大样品池

小样品池



或改用悬滴法测试

基本测试



采样模式

快捷键

计算模式

测试方案

Measurement board

Physical parameters

Drop status: Rising

Drop density (g/cm³): 0.001170

Bulk density (g/cm³): 0.998000

Sampling parameters

Sampling Mode: Fixed (selected), Variable

time 1: 10 sec.

time 2: 50 sec.

Sampling: 1.00 sec. [Per.] [Fast]

End samp.: 1.00 meas/sec. [Freq.] [Fast]

View parameters

Threshold setup, Vertical setup, Frontier setup, One image analysis

Temperature: Off

No Interfaced, Lens N 0

Calculation parameters

Calculation mode: High precise

Standard error display (checked)

Crop the drop

Experiment parameters

Action: Surface Tension

Initial volume: 10 µl after 1 Drop

Automatic position of the sessile drop frontier? (unchecked)

Drop formation...

Injected volume (checked)

Syringe: 1, 5.36321 microliters

Control parameters

Stop on time after: 0.24 seconds

Stop on eject (unchecked)

Saving

Data (checked), Images (unchecked)

Synchronize (selected), Periodic saving (unchecked), At the end (unchecked), Without saving (unchecked)

Data all: 1 minutes

Images all: 0 measurements

Saving image on aberration (unchecked)

Start regulation with experiment (checked)

Start regulation after: 0 sec.

Graphic parameters

Top: Tension, None

Bottom: None, Volume

Select graph: 2

Zoom: Automatic (selected), Without aberration (unchecked), Fixed (unchecked)

Time scale: All meas. on graph (selected), Compressed X 2 (unchecked), Page mode (unchecked), Fixed scale (unchecked)

Scale Transfer setup

Expert, Help, Cancel, OK

Select directory: C:\Teclis\Clients\Vappareil Client\Distrib Italien QI\Livraison\Tracker

技巧：一般，测试开始后，直接排出第1-2个滴。
目的：清洁针尖。

采样模式



Sampling parameters

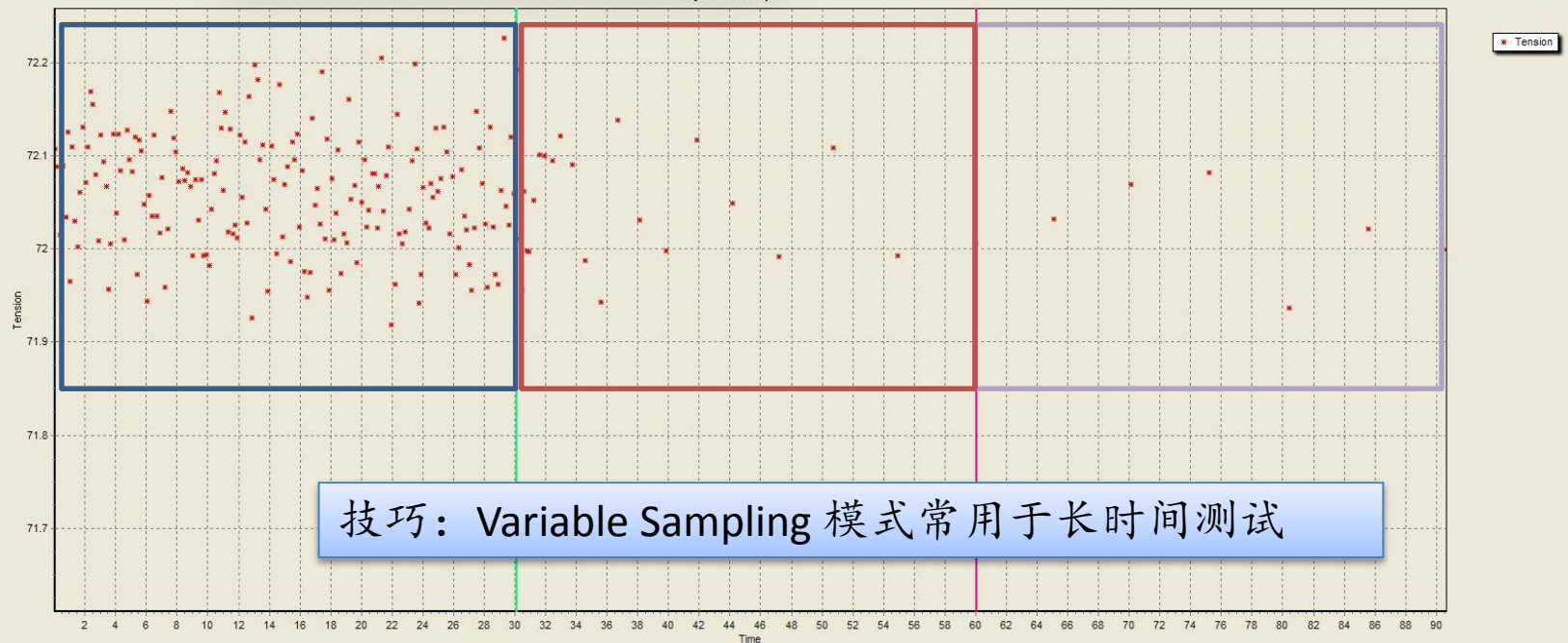
Sampling Mode
 Fixed Variable

time 1: 30 sec.
time 2: 60 sec.

End samp. 5.00 sec

Per. Fast Fast

- 0 - T1, 最快速度采样;
- T1- T2, 采样频率减小;
- T2 - 结束测试, 每5s采一次.



技巧: Variable Sampling 模式常用于长时间测试

控制方案



1. 控制面积/体积恒定方案

Control parameters:

Stop on time after seconds Start regulation with experiment

Stop on eject Start regulation after sec.

None | Tension | Area | Volume | Dynamic Angle

PID | Sinusoidal

Area PID

End point mm² Automatic

KP dimensionless

KI dimensionless

KD dimensionless

可选择测试开始的同时启动
使用方案 或测试开始后某
个时间段开始

设定面积/体积在某值恒定

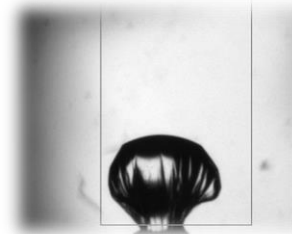
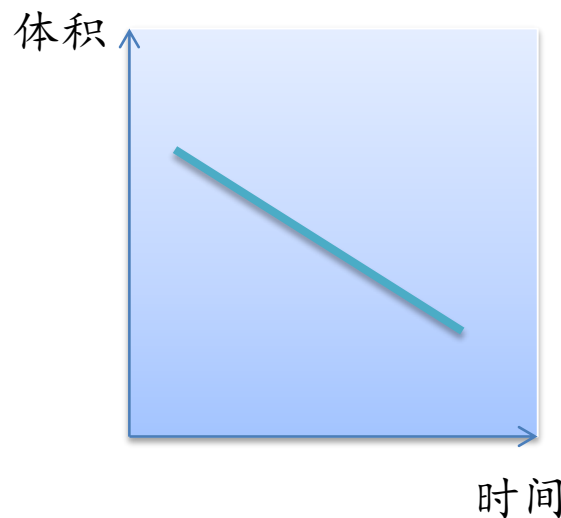
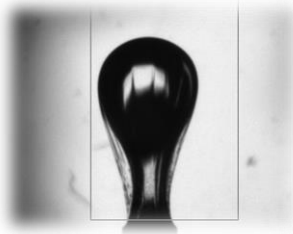
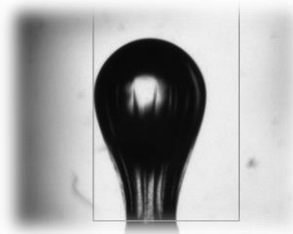
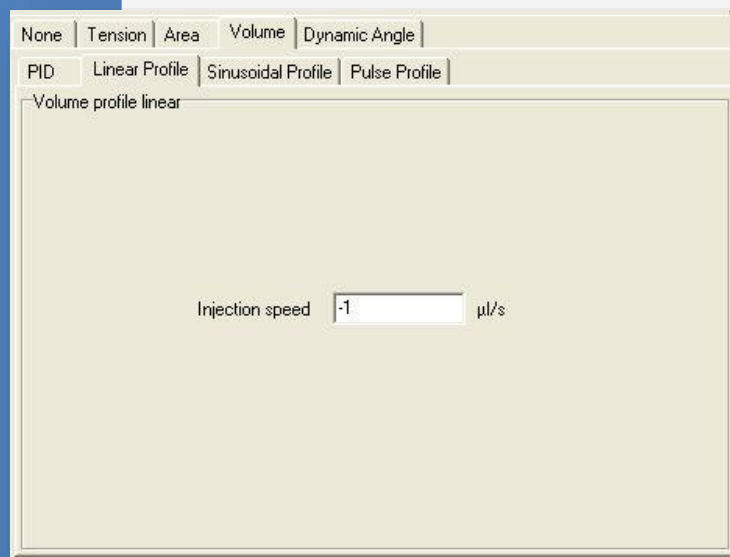
比例参数

控制面积参数

控制方案



2. 线性变化



技巧：使用线性变化方案高亮（凸显）滴界面上形成薄膜

实例：含有沥青的甲苯液滴在水中

振荡模式



1. 体积正弦振荡

Control parameters

Start regulation with experiment

Stop on time after seconds

Start regulation after sec.

Stop on eject

None | Tension | Area | Volume | Dynamic Angle

PID | Linear Profile | Sinusoidal Profile | Pulse Profile

Volume profile sinusoidal

Amplitude μl

Period sec.

Shift °

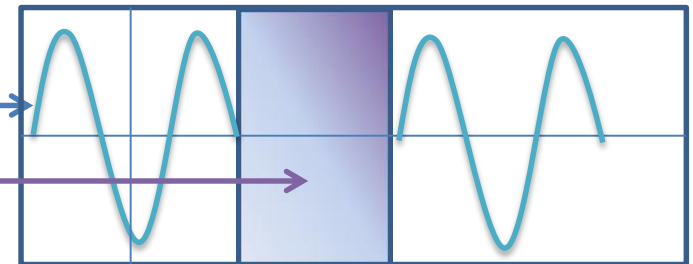
Active cycles number

Blank cycles number

Oscillation sampling sec.

振幅 $dV/V=5-10\%$

周期



振荡模式



2. 面积正弦振荡: 振幅和面积平均值保持恒定
优势: 测试中面积的变化值将是恒定的

None | Tension | Area | Volume | Dynamic Angle

PID | Sinusoidal

Area profile sinusoidal

Mean mm² Automatic

Amplitude mm²

Period s Oscillation Delay s

Active cycles number KP

Blank cycles number

KP Sin dimensionless

Oscillation sampling sec.

空白周期PID面积恒定

振荡期, 面积变化恒定

数据分析

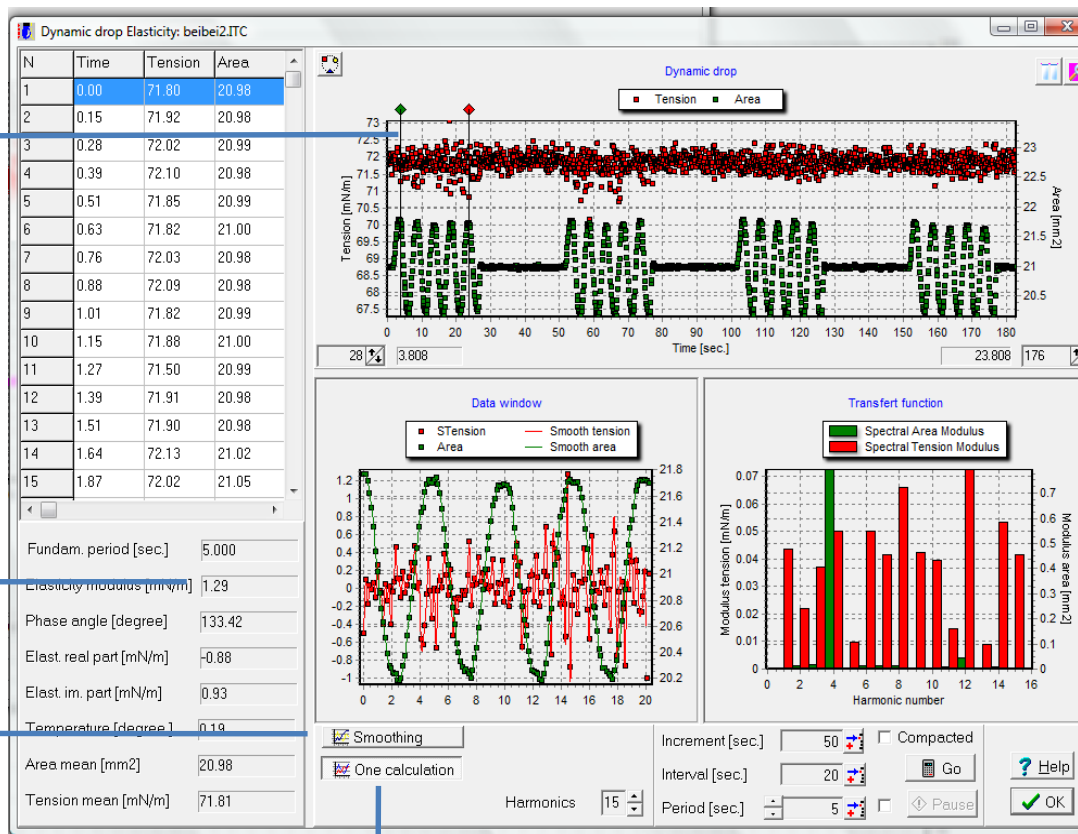


1. 计算粘弹模量(例: 气/自来水)

调整游标位置

粘弹模量

平滑曲线



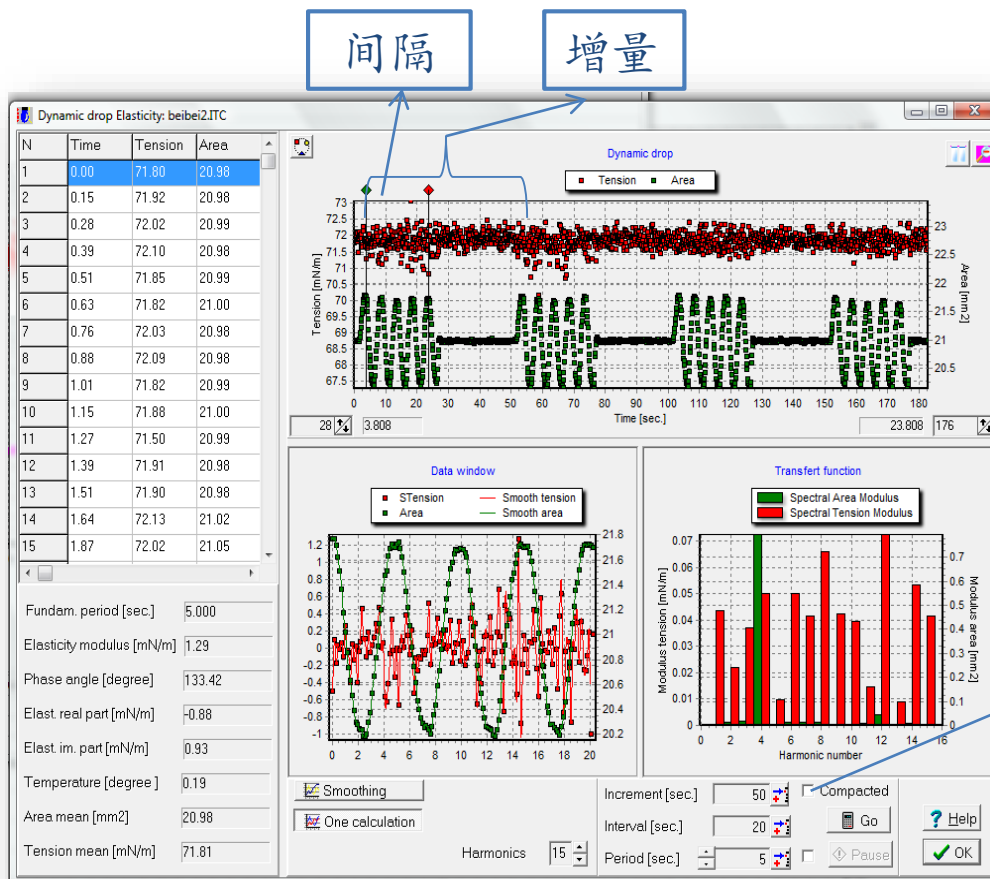
开始一次振荡分析

测试周期

数据分析



2. 动态粘弹模量分析



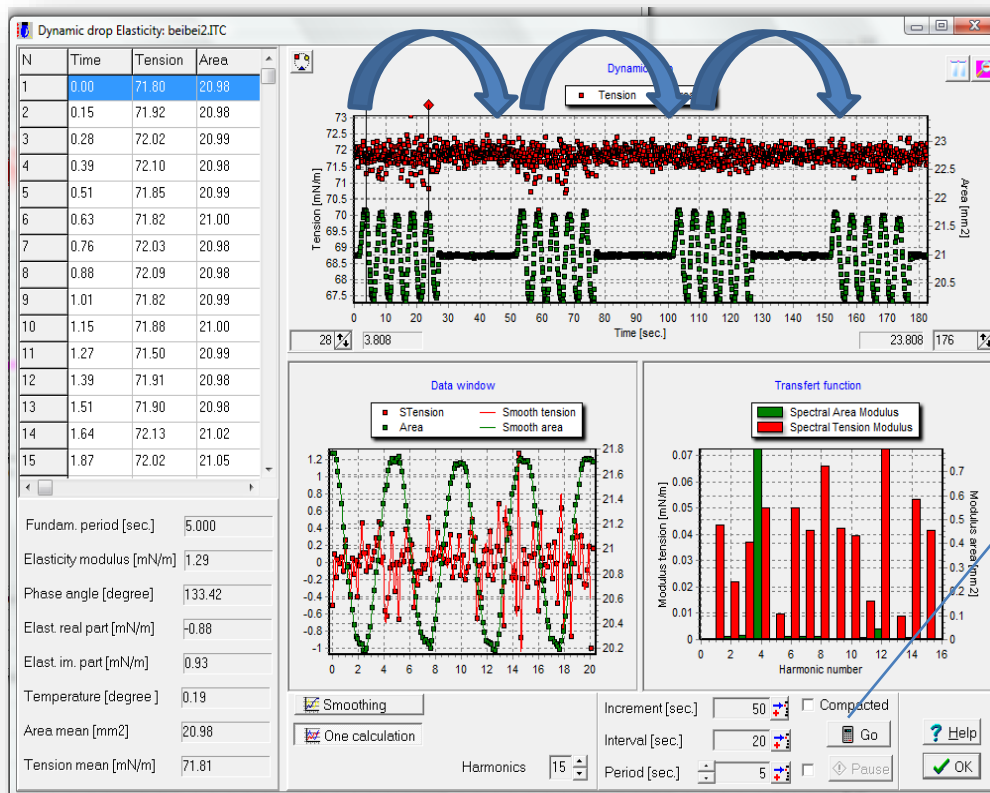
- ✓周期: 5 s
- ✓5个振荡周期
- ✓5个空白周期

跳过空白周期自动分析
下一个振荡的时间间隔
(这里为50 (2*25))

数据分析



分析数据保存在 *.elt 文件



点击按钮 GO开始计算
-> 生成*.elt file

测试



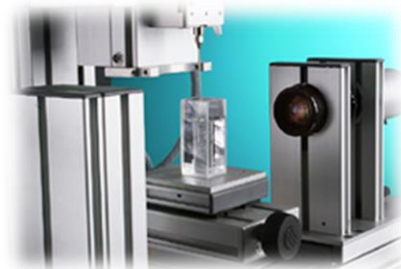
Tracker 上机演示

Tracker



- 原理
- 仪器概述
- 标定仪器
- 检验仪器清洁度
- 张力测量
- 执行较长时间测试的方案
- 接触角测量

长测试方案



测试方案设定

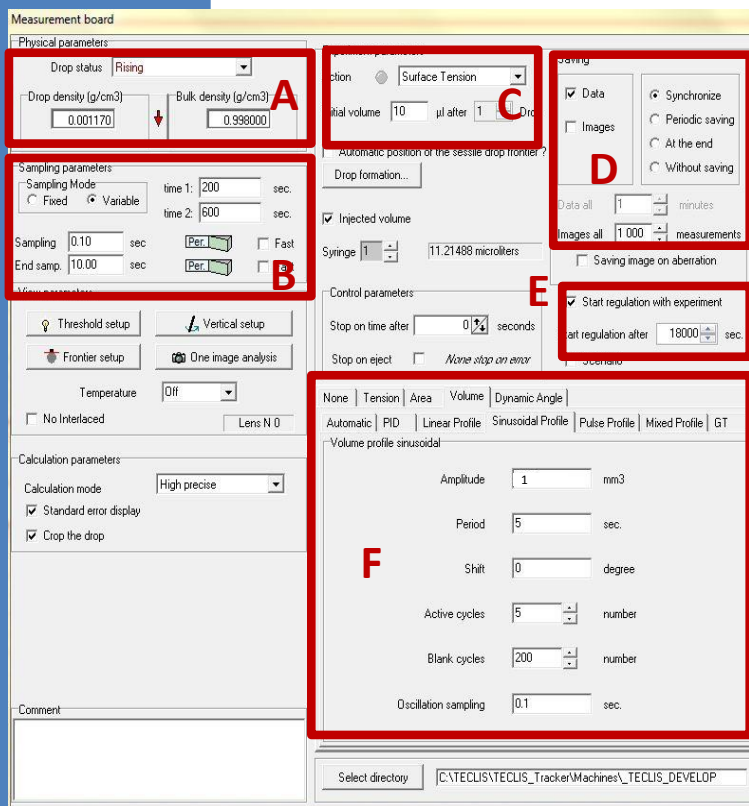
步骤	时间	操作
1	0 - 5h	测试表/界面张力 (IFT) ;
	5h - 20h	测试中, 执行滴体积振荡; - 设定振幅: 10% 初始体积, - 振荡频率: 0.2Hz (周期: 5s) .
2	20h - 21h	测试中, 执行滴面积振荡; - 设定振幅: 10% 初始面积, - 振荡频率: 0.2Hz (周期: 5s) .
3	21h - 22h	测试中, 保持面积恒定。

如上述长时间测试, 电脑将会保存大量数据, 因此测试前一定要检查硬盘空间是否最够大。

长测试方案



步骤 1



	操作	目的/备注
A	选择滴状态，键入密度	
B	测试目的，初始体积	
C	采样频率 模式：变化	技巧：建议长测试期间，可以采样周期增大。
D	保存数据/图片	技巧：为了节约硬盘空间，无需保存很多数据很图片。
E	启动自动执行测试方案模式	在18000s后自动启动测试方案
F	方案内容（体积 - 正弦） - 振幅： - 周期：5s - 振荡期：5 - 空白期：200 - 振荡期采样频率：0	技巧；设定oscillation sampling=0；采样频率将达到最高计算速度。

长测试方案



步骤 2

Measurement board

Physical parameters

Drop status: Rising

Drop density (g/cm³): 0.001170

Bulk density (g/cm³): 0.998000

Sampling parameters

Sampling Mode: Fixed

time 1: 200 sec.

time 2: 600 sec.

Sampling: 0.10 sec

End samp.: 10.00 sec

View parameters

Threshold setup

Vertical setup

Frontier setup

One image analysis

Temperature: Off

Calculation parameters

Calculation mode: High precise

Standard error display:

Crop the drop:

Experiment parameters

Action: Surface Tension

Initial volume: 10 µl after 1 Drop

Automatic position of the sessile drop frontier?

Drop formation...

Injected volume:

Syringe 1: 11.21488 microliters

Control parameters

Stop on time after: 0 seconds

Stop on eject: None stop on error

Saving

Data

Images

Synchronize:

Periodic saving:

At the end:

Without saving:

Data all: 1 minutes

Images all: 1000 measurements

Saving image on aberration:

Start regulation with experiment:

Start regulation after: 18000 sec.

Scenario:

Graphic parameters

Top: Tension

Injected

Bottom: Volume

Temperature

Select graph: 2

Zoom: Automatic

Without aberration

Fixed

Time scale: All meas. on graph

Compressed X 2

Page mode

Fixed scale

Scale Transfer setup

Expert

Help

Cancel

OK

Area profile sinusoidal

Mean: 22.1009535534 mm²

Amplitude: 1 mm²

Period: 2 s

Active cycles: 5 number

Blank cycles: 200 number

KP Sin: 0.1 dimensionless

Oscillation sampling: 0.1 sec.

Oscillation Delay: 0 s

KP: 0.1

Automatic 启动

Select directory: C:\TECLIS\TECLIS_Tracker\Machines\TECLIS_DEVELOP

技巧：不要忘记启动



长测试方案



步骤 3

Measurement board

Physical parameters
Drop status: Rising
Drop density (g/cm³): 0.001170
Bulk density (g/cm³): 0.998000

Experiment parameters
Action: Surface Tension
Initial volume: 10 µl after 1 Drop
Automatic position of the sessile drop frontier? Drop formation...
Injected volume: Injected volume
Syringe: 1 | 11.21488 microliters
Control parameters
Stop on time after: 0 seconds
Stop on eject: None In situ on stop

Saving
 Data
 Images
Data all: 1 minutes
Images all: 1000 measurements
 Saving image on aberration
 Start regulation with experiment
Start regulation after: 18000 sec.
 Scenario

Graphic parameters
Top: Tension
Injected
Bottom: Volume
Temperature

View parameters
Threshold setup | Vertical setup
Frontier setup | One image analysis
Temperature: Off
 No Interlaced | Lens N 0

Calculation parameters
Calculation mode: High precise
 Standard error display
 Crop the drop

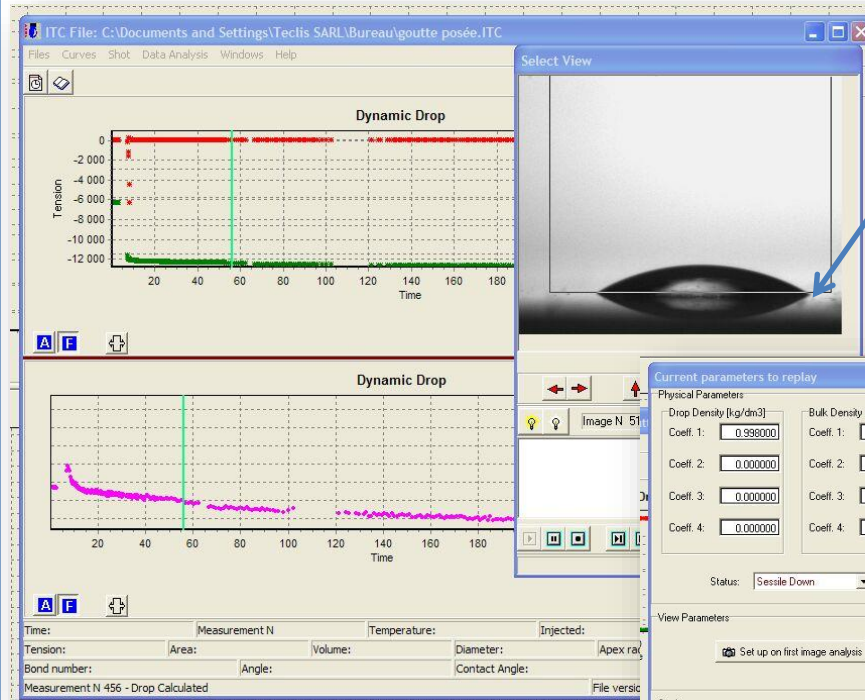
Comment

None | Tension | Area | Volume | Dynamic Angle
Automatic: PID | Linear Profile | Sinusoidal Profile | Pulse Profile | Mixed Profile | GT
Volume PID
End point: 10.3848567723 m³ Automatic
KP: 0.1 dimensionless 启动
KI: 0 dimensionless
KD: 0 dimensionless

Select directory: C:\TECLIS\TECLIS_Tracker\Machines_TECLIS_DEVELOP

Expert | Help | Cancel | OK

间接计算



计算前, 确认正确定义边界线

在菜单栏选择Curve - Calculation

Current parameters to replay

Physical Parameters	
Drop Density [kg/dm ³]	Bulk Density [kg/dm ³]
Coef. 1: 0.998000	Coef. 1: 0.001170
Coef. 2: 0.000000	Coef. 2: 0.000000
Coef. 3: 0.000000	Coef. 3: 0.000000
Coef. 4: 0.000000	Coef. 4: 0.000000

Status: Sessale Down

View Parameters

Set up on first image analysis

Saving

Data Image Std.Error

Calculation Parameters

Calculation Mode: High precise

With Qualit Crop the drop

Files Directory Default

C:\Teclis\Clients\Apparel Client\Distri Italian GI\Levrainon\Tracker T2010609 Distributeur

Tout Help Cancel OK

Build file from: goutte posée. ITC

No Interlaced OK