

# 质构仪的概念

- 食品的质构是食品除色、香、味外的一种重要性质，是决定食品档次的最重要的指标之一，但它是食品加工中很难控制和描述的因素。
- 以上特性包括其他日用产品。
- 质构仪（物性测试仪）可对样品的物性概念做出准确表述，它使用统一的测试方法，是量化和精确的测量仪器。

# CNS质构仪系列

- 英国CNS Farnell公司(美国Brookfield下属企业)设计、生产的物性测试仪分LFRA和QTS两个系列，可对广泛的产品进行多种特性的测试如：硬度、脆性、胶粘性、粘牙性、回复性、弹性、凝胶强度等过去不能量化的参数。

# 质构仪的经典产品

- LFRA 1500
- LFRA 1000
- LFRA 100
- 明胶Bloom实验的行业标准（国际标准）
- AOAC-BS757 )
- 多种探头可选择



# 质构仪的新产品QTS-25系列

- QTS-2525
- QTS-2505
- 仪器结构坚固，操作键盘独立
- 测试距离：100-520mm
- 输出信号全面（模拟和数字）
- 压力和张力测定，均可配合多种附件

# 质构仪的重要要素

- 仪器本体必须坚固，升降装置可控制
- 配备双向力传感器，和较高的分辨率
- 传感器必须响应快速，且有抗过载能力
- 制造重复性好的、标准化的探头
- 配备合适的夹具或方便的样品固定装置
- 数据表示清晰，数据收集方便，适合制作曲线（软件和接口是必要的）

# 相关标准

- 质构仪的实验方法已经通过了许多国际和国家标准，并且标准数量还在逐渐增加，如AACCC(美国谷物化学家协会)，AOAC（国际凝胶测试协会），ISO，BS（英国国家标准）等。物性测试仪可广泛应用于食品、化工、医药、化妆品等相关行业，为您提供最精确的感官数据。

# TEXTURE ANALYSIS...

## 质构仪

...对可定量的参数的测试和解释

# 讲解的目的

- 讨论和描述做质构分析时可量化的参数
- 论述相关量化参数的属性
- 举例说明典型的组织质构分析法的测量方法和应用实例。



## WHAT IS FOOD TEXTURE...

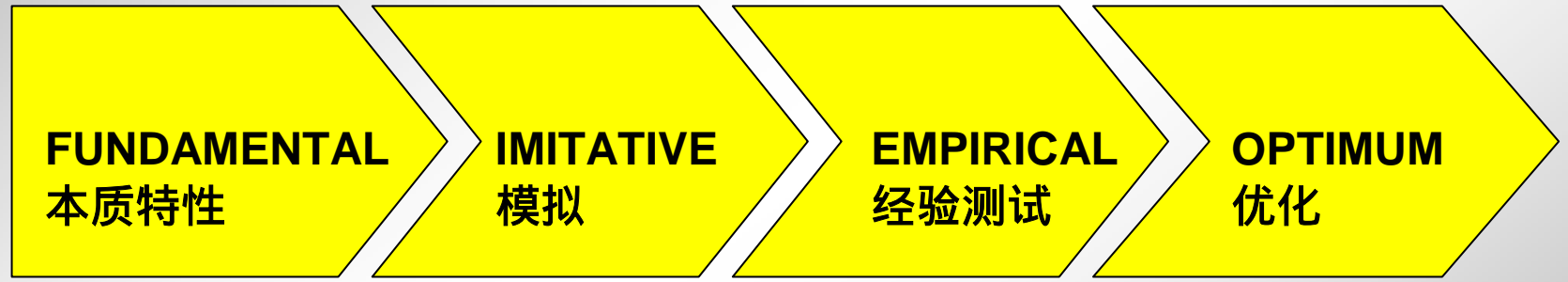
**特别应用：食物-什么是食物的组织结构**

*产品所有的机械性的、几何性的和表面的特性，可通过机器、感触和适当的观察、嗅觉等手段进行测量 (ISO 5492 )*

**用可操作的，可记录的，可重复的，可交换和传递的实验和量化数据来描述有关产品的复杂而特殊的多维特性。**

# TEXTURE ANALYSIS组织分析...

是一个经验式的测量法，与构成物质的分子的基本结构性质和这些分子的聚集性特征有关。



质构分析: 与这门测定方法学相关有很多参数：

- Hardness硬度
  - Fracturability破裂性
  - Consistency稠度
  - Adhesiveness胶粘性
  - Cohesiveness粘结性
  - Chewiness 咀嚼性
- Related to “real-life” characteristics of a product! 都与产品的实际情况有关系的特性

## 特征参数解释-以面包为例

- 面包的组织结构、内部性状直接影响口感，为了准确的反映面包品质，在用质构仪评价时，我们从以下几个主要指标给予评定。

硬度（Hardness）

弹性（Springness）

粘聚性（Cohesiveness）

胶着性（Gumminess）

和咀嚼性（Chewiness）

# 硬度（Hardness）：

- 样品达到一定变性时所必须的力。硬度值指第一次穿冲样品时的压力峰值。

# 弹性（Springness）：

- 变性样品在去除变性力后恢复到变性前的条件下的高度或体积比率。它的量度是第二次穿冲的测量高度同第一次测来的高度比值（长度2/长度1）

# 粘聚性 ( Cohesiveness ) :

- 该值可模拟表示样品内部粘合力。它的量度是第二次穿冲的做功面积除以第一次的做功面积的商值 ( 面积2/面积1 )。

# 胶着性 ( Gumminess )

- 该值可模拟表示将半固体的样品破裂成吞咽时的稳定状态所需的能量，等于胶着性乘以弹性。

# 最好的面包是什么？

- 经过大量实验确定硬度值、胶着性、咀嚼性与面包品质成负相关。即这三个指标数值越大，面包吃起来就越硬，缺乏弹性、绵软、爽口的感觉；弹性值、粘性值与面包品质正相关，即数值越大，面包吃起来柔软又劲道、爽口不粘牙。



# 对馒头的评价

- 馒头作为中国传统主食食品，但对其品质研究却较少。利用质构仪对面制品进行评价，其测试方法与面包的相同，主要评价指标分别是硬度值、弹性值、粘聚性、胶着性、咀嚼性。这些指标和馒头品质的对应关系与面包的相同。

# 对面条质构测定和评价

- 面条是我国北方人民的传统食品。光滑适口、硬度适中、有韧性、有咬劲、富有弹性、爽口不粘牙的面条大家喜爱。利用质构仪的不同探头编制不同的测试方案，可以在硬度、韧性、弹性粘性等方面给予了数值化的评价。

# 利用平板探头挤压面条

- 利用平板探头下压一定厚度相同根数的熟面条，从而得出不同面粉制出的面条的适口性（即软硬程度）如何。

所测正向峰值力越大，硬度越大。

- 通过钝梯形柱状探头测试面条韧性。

该探头可以模仿人的牙齿咬断面条的过程，从而得出韧性的大小。所测的曲线包围的面积越大（做功能量越大），韧性就越好。

# 向上施力，拉断面条

- 利用适合的夹具固定面条，如果多次测定，保持测定时的拉断距离相同，启动开关，面条不断被拉紧至超过弹性极限时断裂。所测力值越大，面条弹性越好。

# 粘性测试

- 用平板探头测试面条粘性，通过较大的下压力下压一段时间后迅速上提，面条粘住探头的力值即反映其粘性的大小。粘性被定义为最高峰值的力值，该力越大粘性也就越大。

# 饼干的评价

- 口感的松脆是大多数饼干的主要指标。这就要求有适当的硬度，因为硬度太大，咀嚼费劲、不脆；硬度太小，产品不抗震、不利于产品的包装运输。将饼干固定在一定间距的两水平支持臂间，通过一刀刃型探头下压直至试样破碎成两半为止。所测力值越大，其抗破碎能力就越强，饼干硬度就越大。
- 同样的过程可用来测试唇膏，粉笔，铅笔芯等。

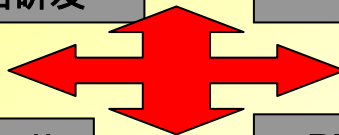
# 为什么要进行质构测定和研究--应用

- Scale-up Approval 产品等级认证
- Specification Development 产品特性研究
- Shelf-life Trials 产品保存时间试验
- Ingredient Changes and product matching
- 成分改变和产品匹配

## PRODUCT DEVELOPMENT 产品研发

- **CRITICAL QUALITY POINTS 质量点**
- Integral part of ISO 9002  
ISO质量认证的主要部分
- Raw material and Supplier conformance  
原材料和供应商的一致性

## QA & QC SYSTEMS 质量检测和控制



## PROCESS DEVELOPMENT 流程工艺

- At-Line Process Control 生产流程控制
- Proactive rather than Reactive Processing 帮助生产前做好准备
- Process Optimisation 生产优化
- Pipeline and Pump Design 对管道和输送系统的设计有参考价值

## PRODUCT EVALUATION 产品评价

- Product Improvements 产品改进
- Sensory Correlations 与口感有关
- Texture Profile Analysis 组织概况分析
- Consumer Studies 消费者研究
- Product Matching 产品匹配

(Adapted from Borwanka, 1992)

# Variables to Texture Analysis...

## 组织分析测量中可变的参数

质构测定面对的是一些物体的自然性质和形态，可变性因素较多，为了测试准确，数据可用，我们必须保证相关因素的相对固定（温度，湿度，夹具探针等）。

### Instrument Specific Variables:

- Test Speed 测试速度
- Test Direction 测试方向
- Distance of Penetration 穿透距离
- Probe Type 探针型号

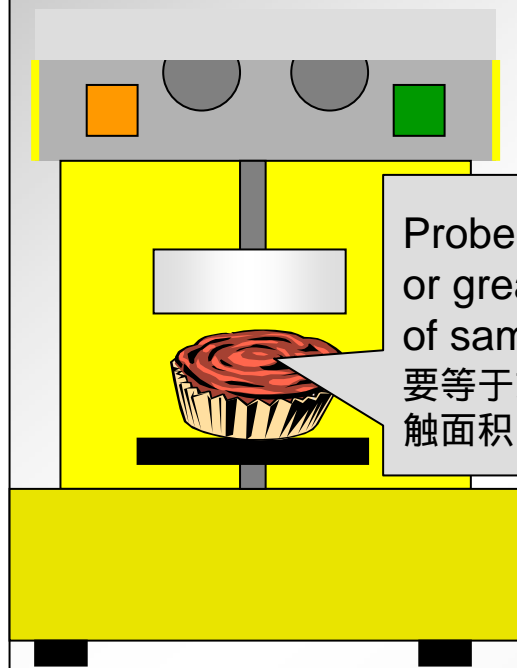
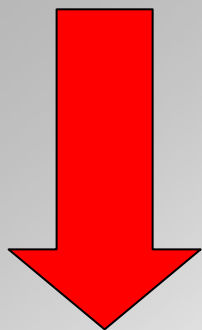




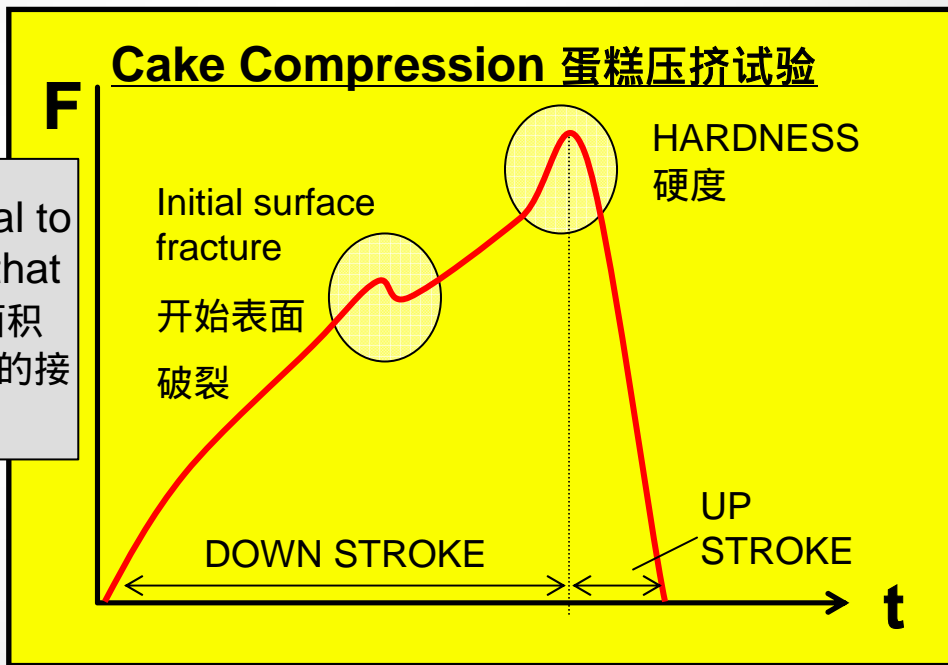
变量:探头形状和几何尺寸:圆柱  
向下施力使样品形成压缩,变型和破碎

**COMPRESSION:** Probe (cylindrical probe or flat plate) comes into contact with sample exerting force upon it.

压挤试验:探头(圆柱形或扁平盘状)尽力压向样品



Probe area equal to or greater than that of sample 探头面积要等于或大于样品的接触面积

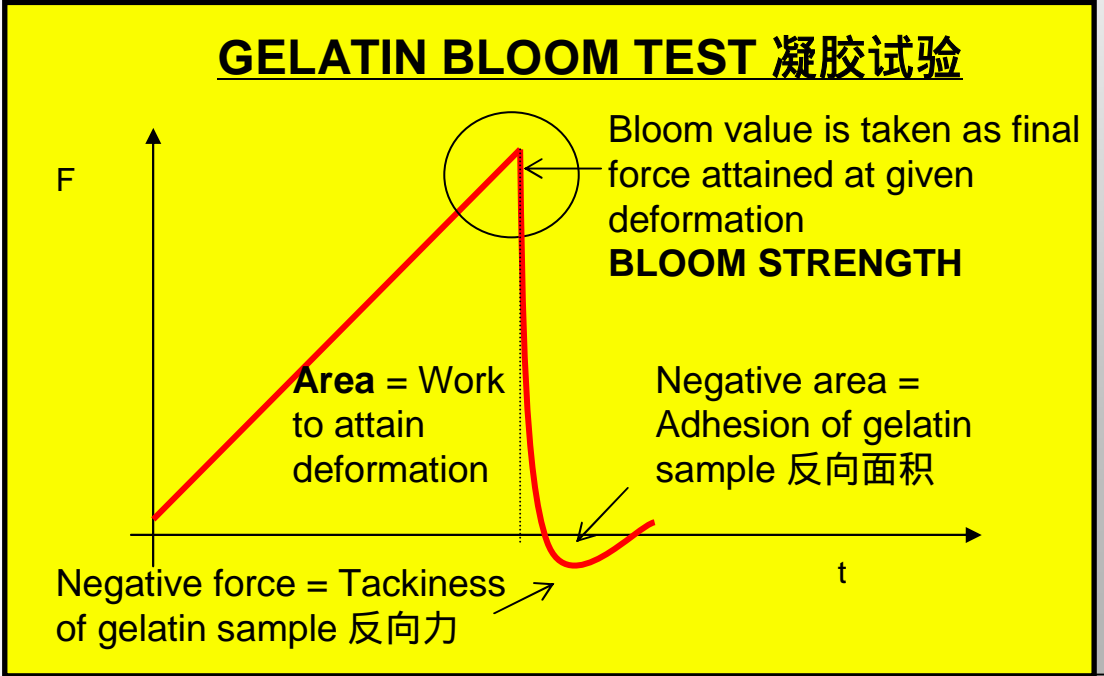
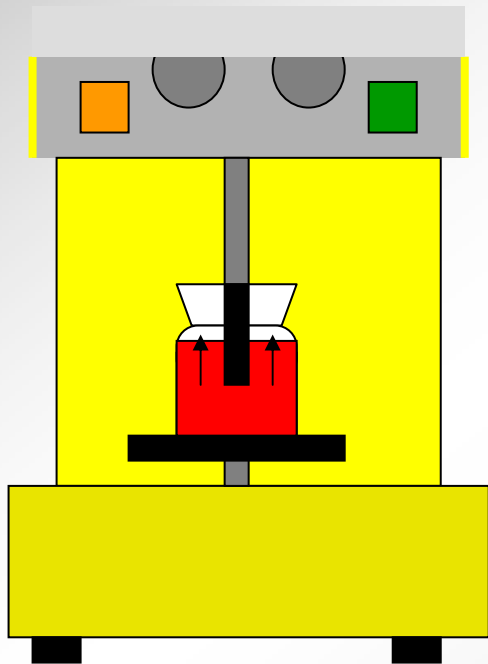
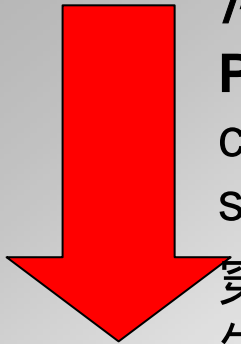


变量:探头形状和几何尺寸(圆柱)

向下施力, 凝胶状物质被压缩和反向喷出

**PUNCTURE AND PENETRATION:** Probe comes into contact with surface creating both compressive and shear forces as penetration increases.

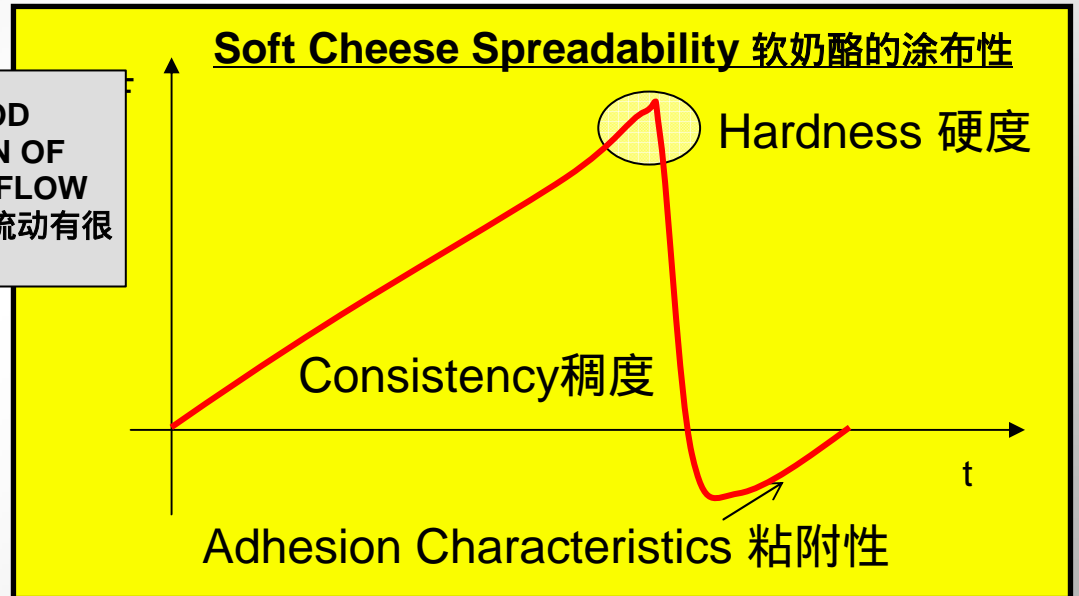
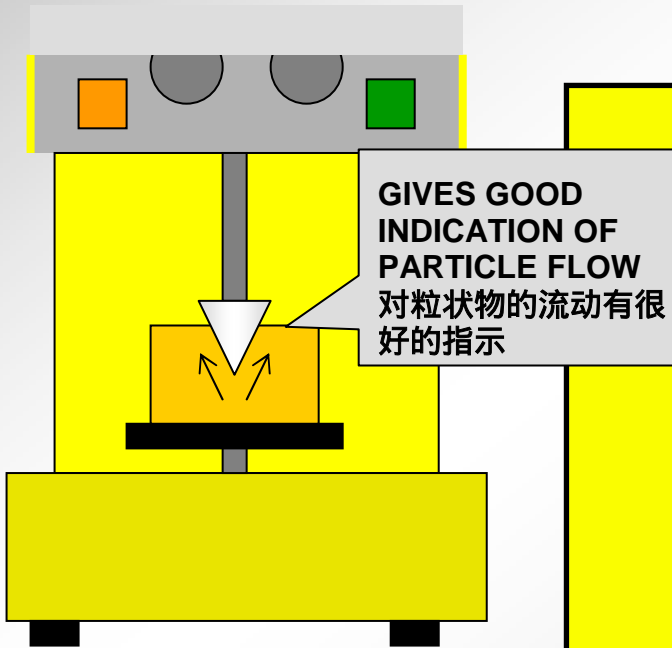
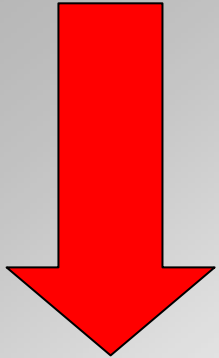
穿透试验: 探头向下接触样品表面, 当穿透力度加大时产生压力和剪切力



变量:探头形状和几何尺寸(锥体)

向下施力使含颗粒乳液挤出并自由流动

**PUNCTURE AND PENETRATION:** Conical probe comes into contact with surface generating increased forces with increased contact areas as test proceeds.圆锥形探头与样品表面接触不断增加接触面积

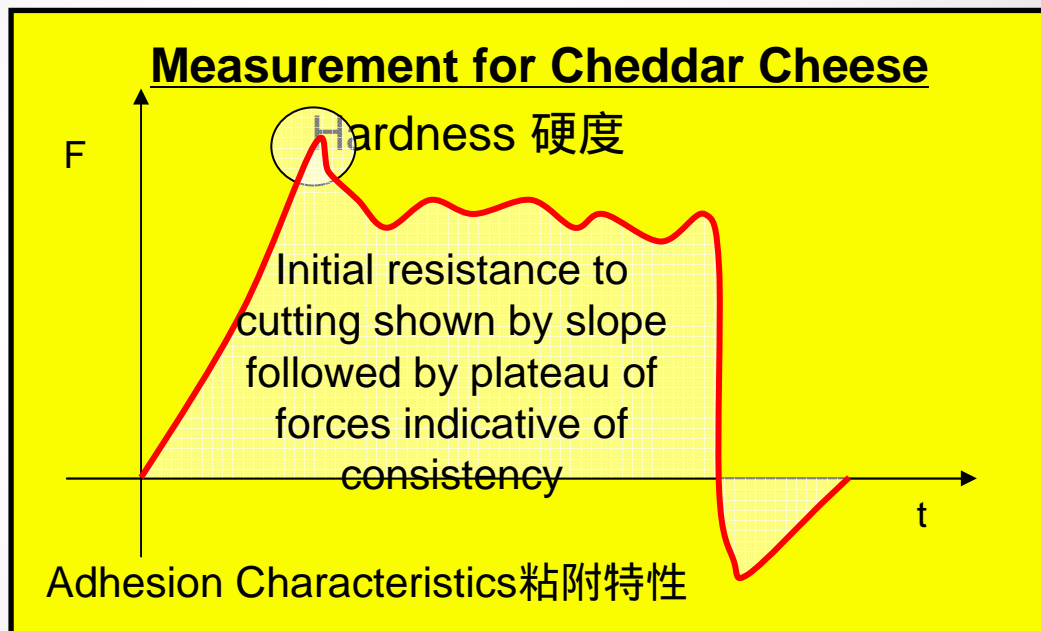
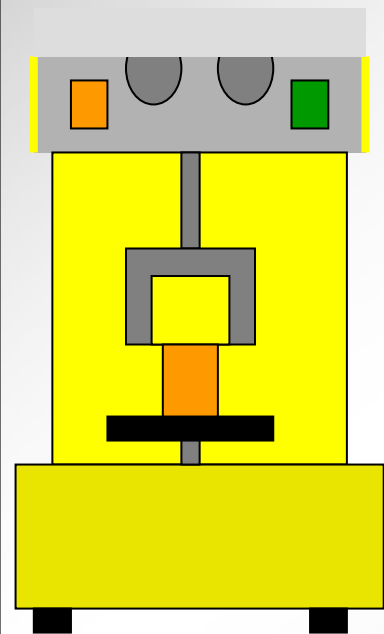
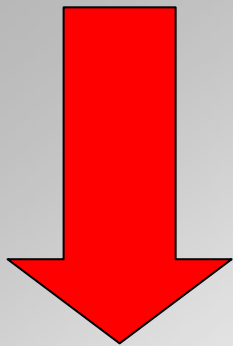


## 变量:探头形状和几何尺寸 (切割线)

向下施力产生线切割, 样品被压缩进而被切开

**CUTTING AND SHEARING:** As the blade or cutting wire comes into contact with the samples cutting forces are generated as probe distance increases.

切割和剪切: 刀片或切割线往下接触样品, 当探针的距离增加时, 产生切割力。

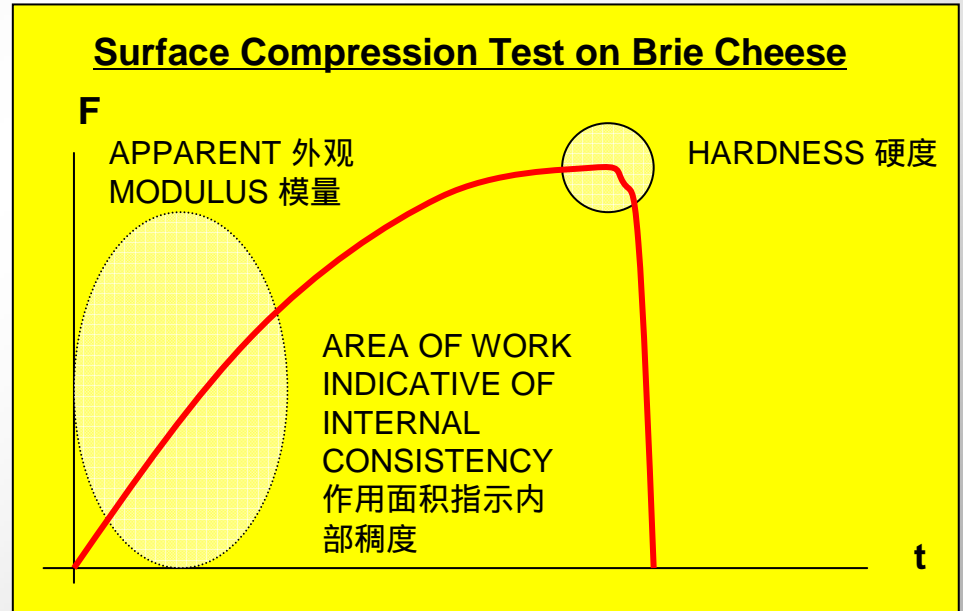
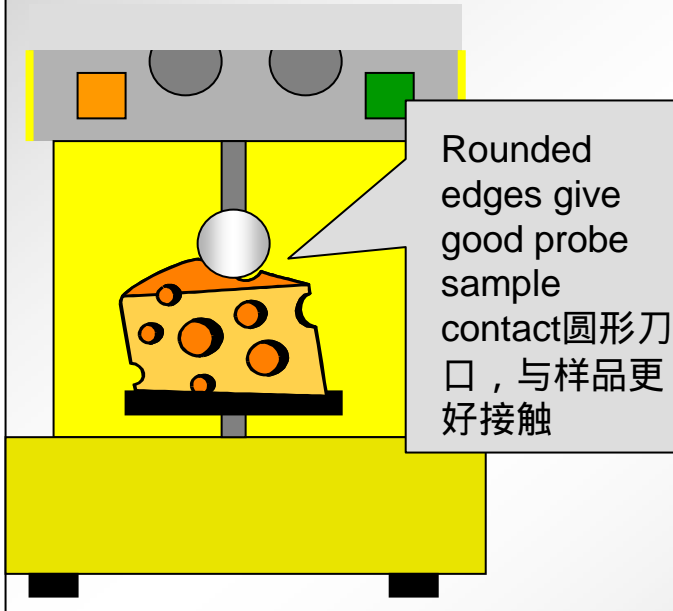
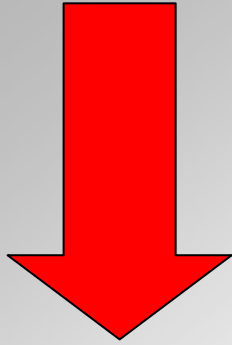


## 变量:探头形状和几何尺寸 (球型)

向下施力样品被压缩, 进而破裂 (松糕)

**SPHERICAL PROBES:** Compression using rounded spherical ball probe. Probe comes into contact with surface creating predominantly compression forces until point of rupture or end of test.

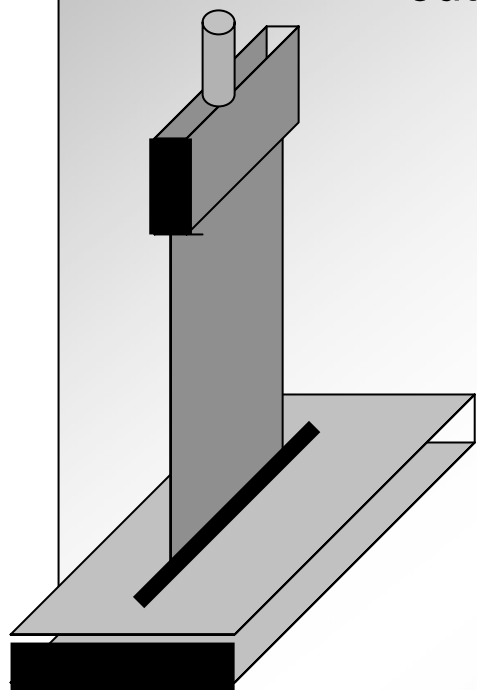
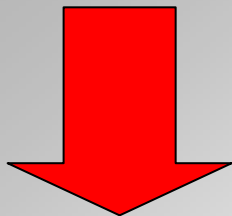
球形探针: 向下接触物体不断产生压力, 直到样品接触点破裂或结束试验。



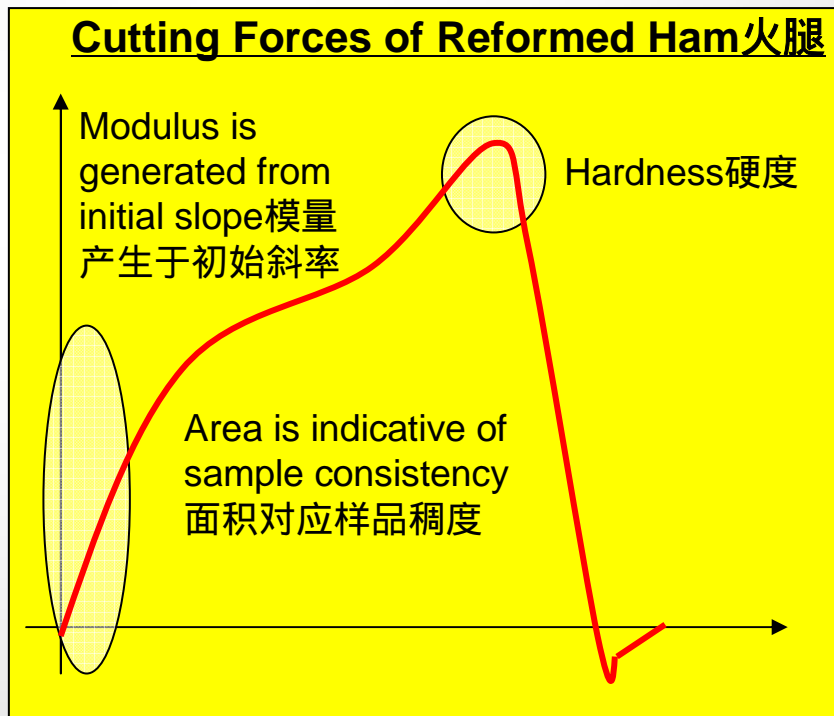
变量:探头形状和几何尺寸(刀片)

向下施力,样品被挤压,进而被切开

**CUTTING WITH A SHEAR BLADE:** Blade fixtures are used to simulate the action of slicing or cutting. 用刀片切割:刀片夹具模拟切割行为。



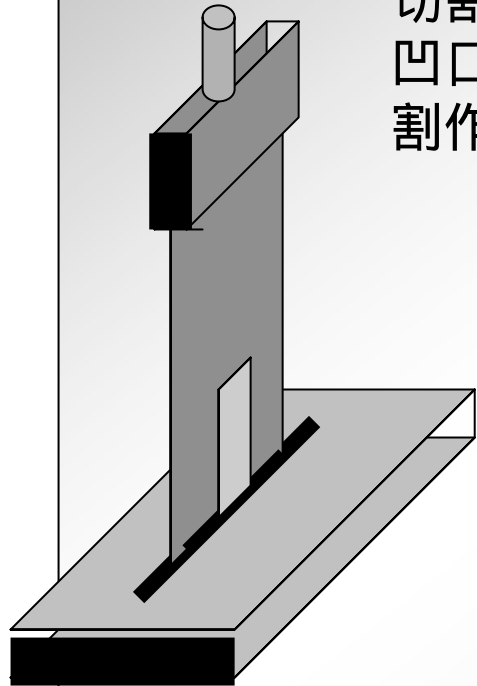
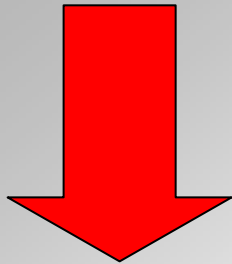
- **Meat & meat products 肉类**
- **Fish 鱼**
- **Vegetables 蔬菜**
- **Cheeses 奶酪**
- **Cosmetics 化妆品**



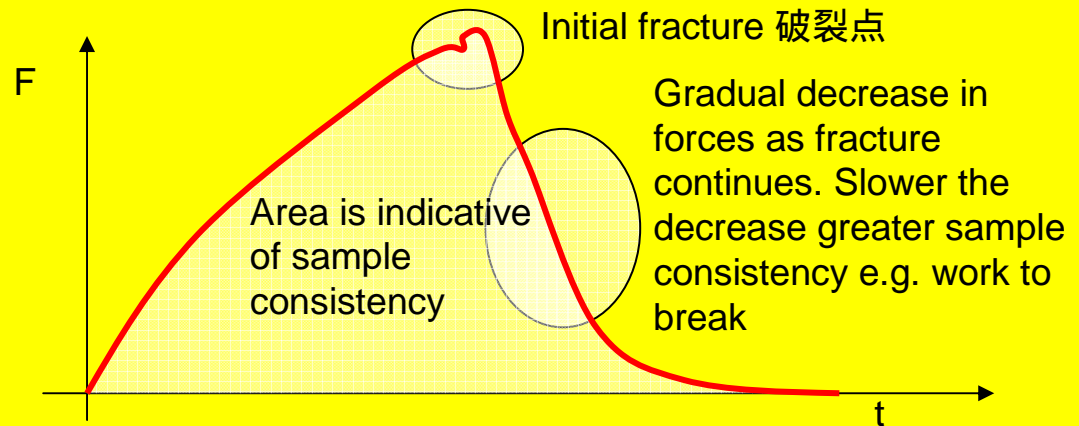
变量:探头形状和几何尺寸 (凹口刀片)  
带缺口刀片向下施力, 样品被压缩和切开。

**CUTTING WITH A WARNER-BRATZLER BLADE:** A notched blade centrally locates cylindrical samples such as sausages. The notched shape gives increased contact area throughout the test generating more constant results.

切割实验: 将圆筒状的带有包膜的样品如香肠放在一个带凹口的刀片里。刀片的接触面积增加到一定程度, 产生切割作用, 进一步的切割力基本上是一个常数。



### Warner-Bratzler Cut of a Sausage 香肠切割

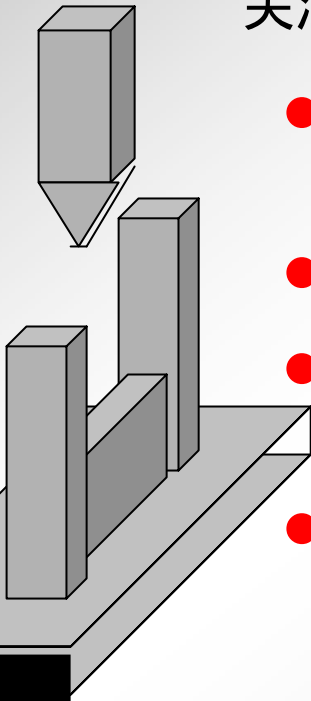
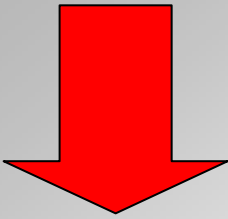


## 变量:探头形状和几何尺寸 (钝锥体)

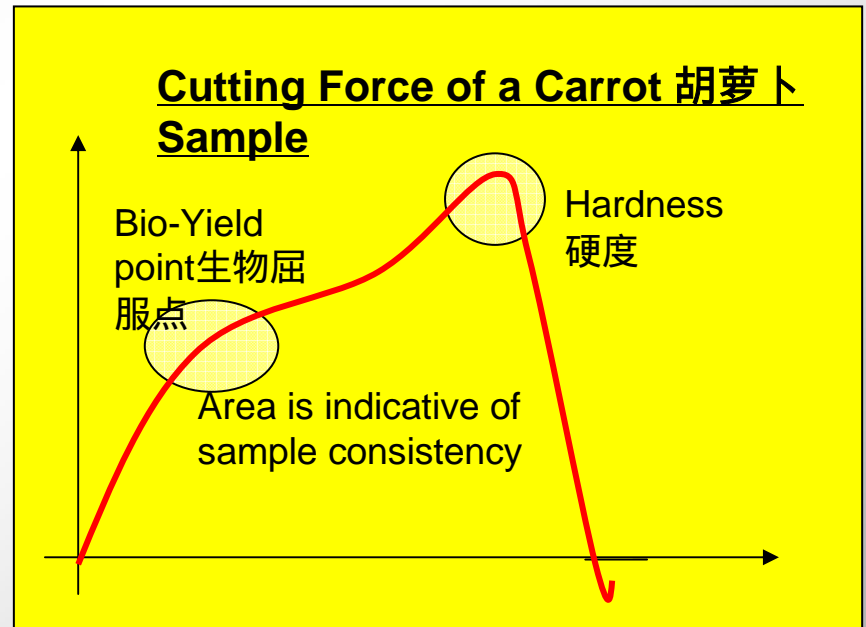
向下施力, 模拟牙齿的动作。

**CUTTING WITH VOLODKEVICH BITE JAWS:** Used to simulate the biting action with the front incisors. Peak force generated is of key interest.

模仿 (人的) 前面门牙撕咬的行为。产生的最大力是我们关注的重点。



- **Cereals** 谷类食品
- **Meats** 肉类
- **Fruits and vegetables** 水果蔬菜
- **Confectionery** 糖果





变量:探头形状和几何尺寸：刀片阵列

向下施力产生挤压，剪切

**CUTTING WITH KRAMER SHEAR CELL:** This texture press consists of ten precision blades which move through a box compressing, shearing and extruding the food. 由十个刀片组成，对物体产生压力、剪切力和挤压的力。

- Multiple blades make the cell particularly suited to the assessment of multi-particle products or those which have variable properties across their cross-section. 多刀片试验单元特别适合于评估多颗粒产品或那些具有多种特性的物体，例如：

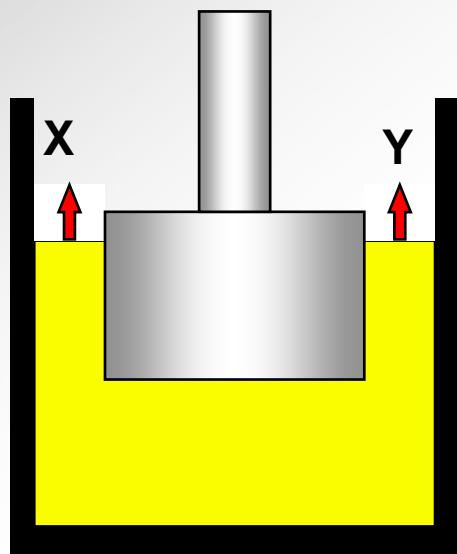
- **Breakfast 早餐** ● **Prepared rice, cereals 谷类食品** ● **beans and pulses**
- **Pie fillings 饼馅** ● **精制大米，豆类**
- **Pastes 面食** ● **Meats 肉类**

变量:探头形状和几何尺寸：活塞

**向下施力使胶状流体反向喷射状流出**

**BACK EXTRUSION:** Compression-extrusion tests consist of applying force to a food until it flows through an outlet. In back extrusion this is area X and Y in the illustration.

反向挤压：施加一个挤压的力直到食物从出口流出。在反向挤压试验中要说明的是面积X和Y。



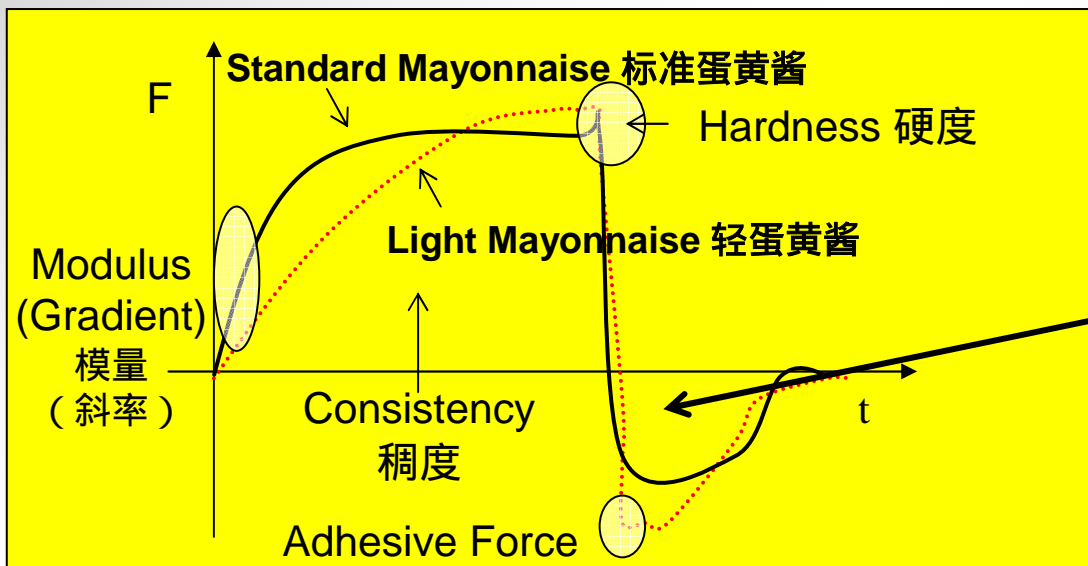
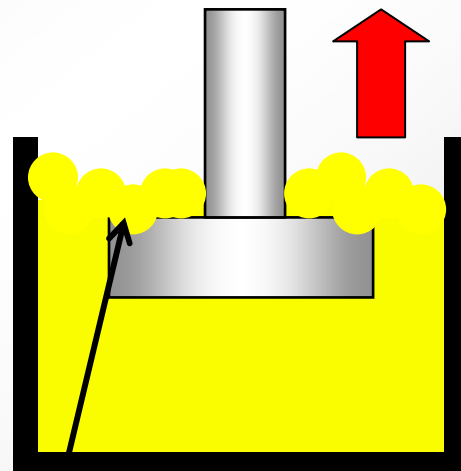
- Forces involved are extremely complex  
施加的力非常复杂
- Generally record the max force required to accomplish extrusion and the work done during the test. Average forces generated post plateau are also sometimes quantified.

通常纪录到达挤出的最大力和功。有时也会量化稳态下的平均压力。

## 变量:探头形状和几何尺寸:活塞

**BACK EXTRUSION**反向挤出: These tests work particularly well with viscous products such as: 这种测试特别适用于粘性物体, 如:

- 👉 **Soft Gels and yogurts** 软凝胶和酸奶酪
- 👉 **Fruit and Vegetable Purees** 水果和蔬菜汤
- 👉 **Cosmetics** 化妆品
- 👉 **Sauces and pastes** 酱料和面糊
- 👉 **Greases** 油脂



Negative area of graph caused by weight of sample on probe and adhesive characteristics.

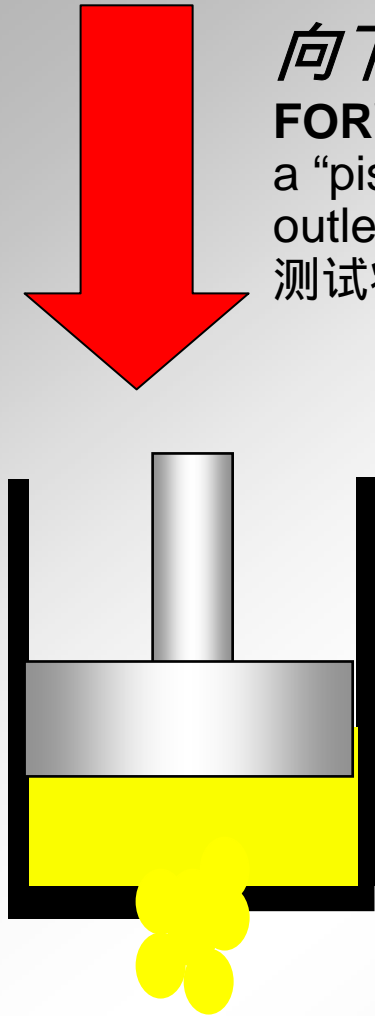
图表上的凹陷区是由于探头上的样品的重量和其具有的粘性特点导致的。

## 变量:探头形状和几何尺寸：匹配活塞

**向下施力，使半固体顺向挤出**

**FORWARD EXTRUSION:** Measures the compression force for a “piston” disc to extrude a product through a standard sized outlet in the base of the container.

测试将样品从容器底部的标准尺寸的开口处顺向挤出的力量。



- Excellent imitative test of many commercial applications 非常好地模仿许多商业应用
- 适用于许多种样品的测量评估
  - 凝胶和半固体
  - 面糊和饼馅
  - 水果和蔬菜酱（儿童营养食品）
  - 面霜和头发护理品
  - 任何管状包装的产品：酱料，牙膏，鞋油等等

变量:探头形状和几何尺寸：平板

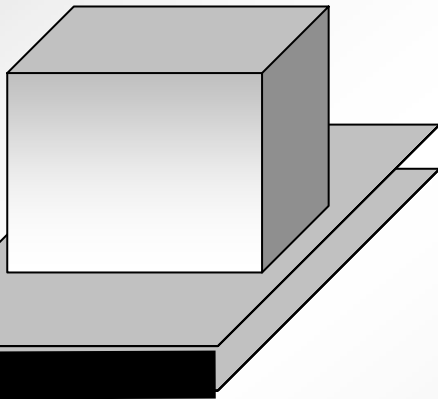
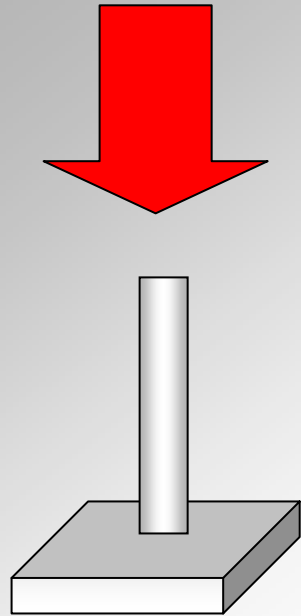
向下施力挤压，样品被压缩变型和流散

FORWARD EXTRUSION WITH OTTAWA CELL

带OTTAWA单元的顺向挤压:

This test measures the compression force for a loose fitting square plunger to extrude a product through a base plate.

一个正方形活塞对底盘上物体的向下挤压力。



- Extrusion plates supplied comprise of bars, holes and a blank plate.

● **Breakfast cereals** 谷类早餐

● **Meats** 肉

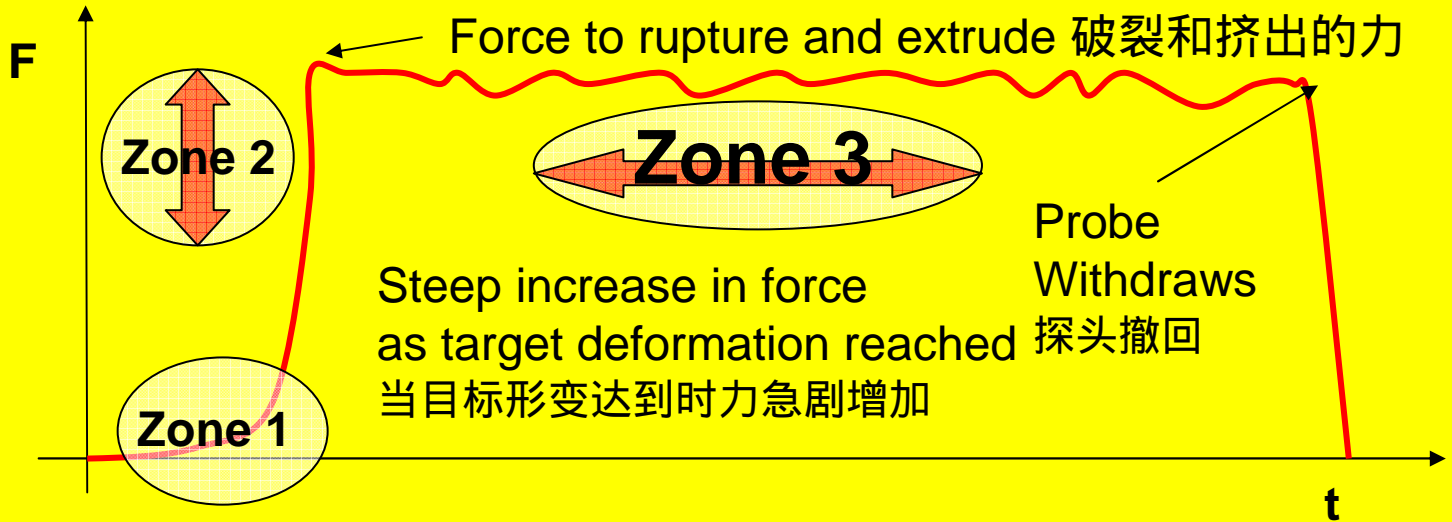
● **Fruit, vegetables and pulses**

● **Fish** 鱼

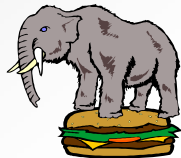
水果、蔬菜和豆类

# FORWARD EXTRUSION 正向挤压

OTTAWA CELL平板测试汉堡包的情形：



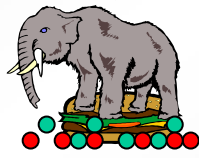
Zone 1



**Compress and deform sample 使样品压缩和形变**

- Ottawa cell becomes tightly packed until almost solid

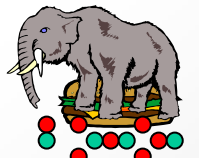
Zone 2



**Step increase in forces 力的急剧增加**

- Air and liquid are expressed until rupture and extrusion

Zone 3



**Force plateau until probe changes direction 力达到稳定直到探针改变方向**

力达到稳定直到探针改变方向

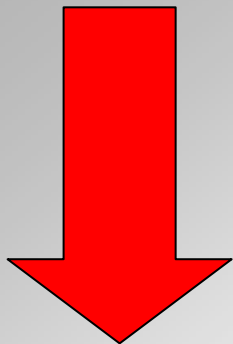
- Peaks indicative of particulates and sample variation

# 变量:探头形状和几何尺寸：球形钝探针

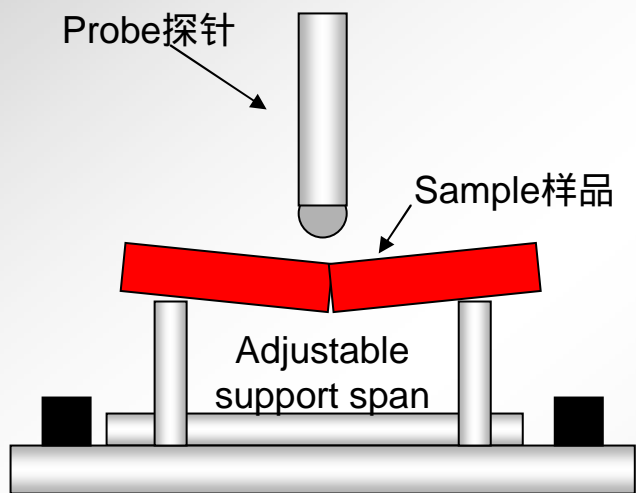
向下施力：物体受到挤压，继而断裂

## THREE POINT BEND ASSEMBLY 三点弯折实验:

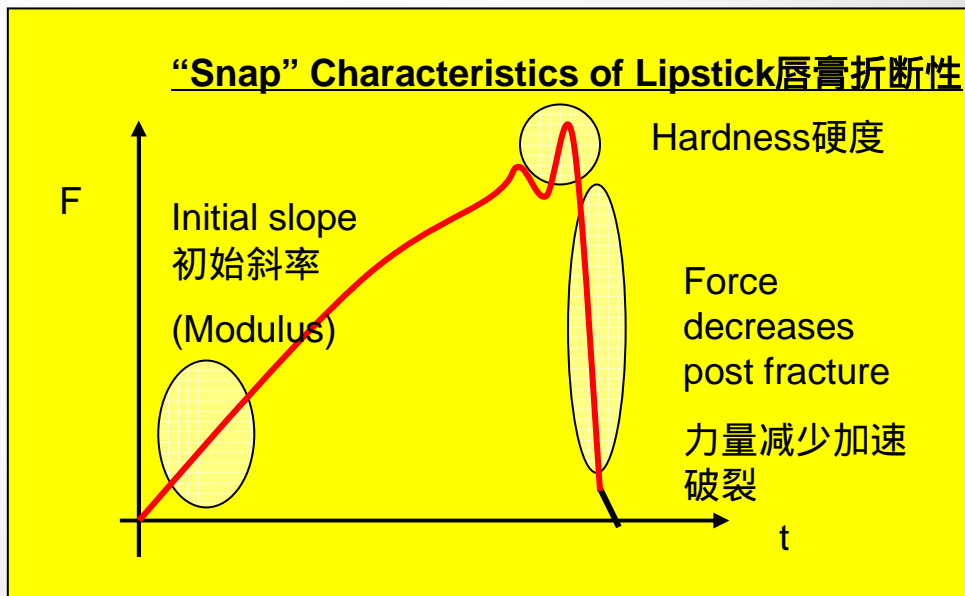
This test measures the fracture and bend characteristics of many different materials: 测试样品的破裂和弯折特性



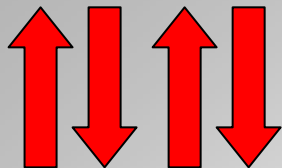
- **Biscuits** 饼干
- **Plastics** 塑料
- **Vegetables** 蔬菜
- **Confectionery** 糖果
- **Cosmetics** 化妆品
- **Polymers** 聚合物



可调节宽度的支撑架



## 可变参数：测试实验的设计构造

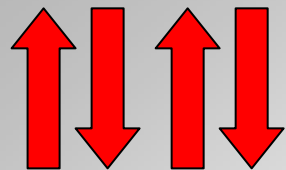


### **UP AND DOWNWARD FORCES REPEATED** 上下往复施力

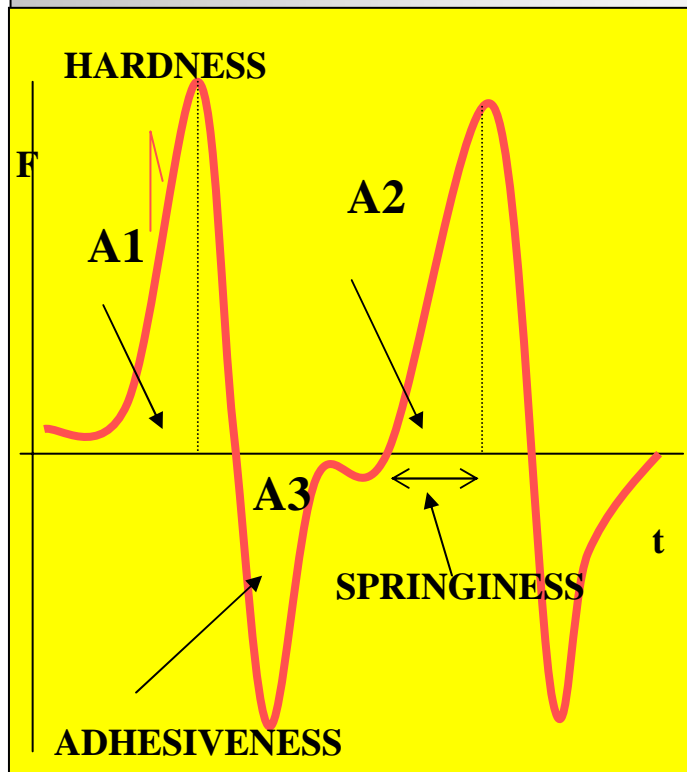
- **TEXTURE PROFILE ANALYSIS (TPA):**组织结构测试图分析  
Classifies key textural characteristics as a bridge between sensory and instrumental techniques using force/deformation curve.  
*典型的构造特性是感官和用力/形变曲线量化的仪器测量之间的桥梁？*
- Utilises compression forces only 仅仅是利用压缩力
- Operates as duplicated profile from which validated textural characteristics can be calculated  
*可重复操作的有效组织结构特性是可以计算的？*
- Multifunctional test with wide range of applications within industry  
工业应用领域宽广的多功能测试
- Considerable historical references utilising TPA texture protocol  
利用组织结构测试图分析具有历史数据参考价值



# 可变参数：测试实验的设计例子



## 施力-撤回，往复实验



- Hardness 硬度 = Peak +ve force
- Springiness 弹性 = Height food recovers
- Cohesiveness 粘结性 =  $A2/A1$
- Adhesiveness 粘附度 = Negative area from first bite
- Fracturability 破裂度 = First break in cycle
- Gumminess 粘性 = Semi-solid foods calculated from Hardness x Cohesiveness
- Chewiness 咀嚼性 = Solid foods calculated from Hardness x Cohesiveness x Springiness

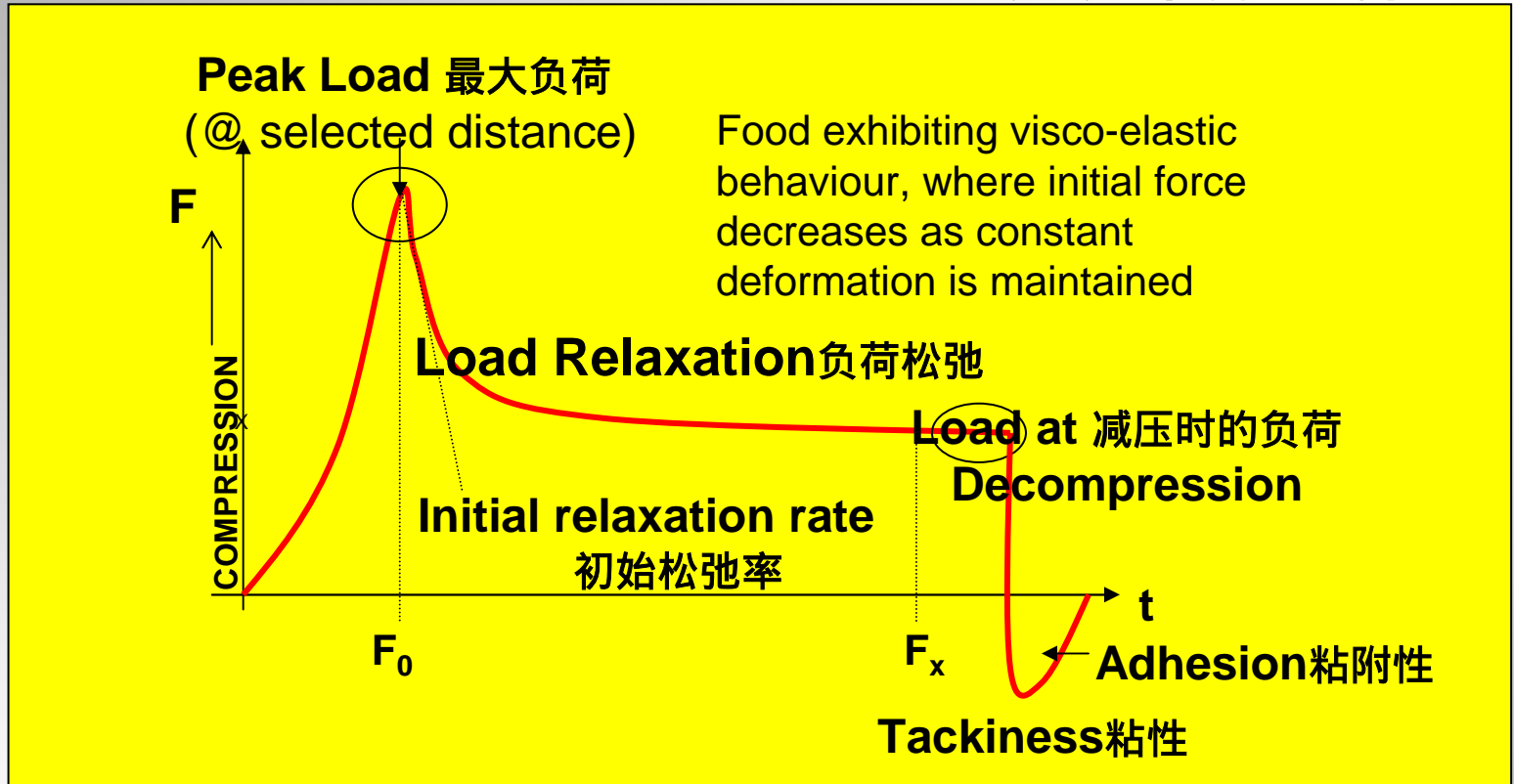
## 测试实验的设计 向下施力保持，记录回复应力曲线

Utilises exponential decay parameter where imposed force is maintained and relaxation within system continuously calculated.

可连续记录最大压缩力回撤后的衰减特征，一般是呈现指数状下滑的。

- Method is empirical in nature  
实验方法本质上是一种经验法
- Used in the analysis of experimental results  
用于试验结果的分析
- Applicable to materials regarded linear or non-linear rheologically 用于具有线性或非线性流变性能的物体检测
- Gives a good indication of system elasticity  
对于分析系统的弹性具有很好的指导作用

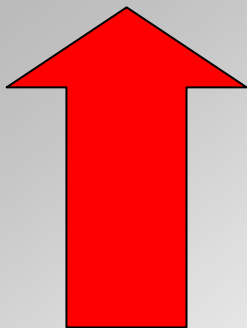
# Stress Relaxation Tests 应力松弛试验



**% RELAXATION = % VALUE OF  $F_x$  TO  $F_0$**

$$\frac{F_x}{F_0} * 100 = \% \text{ RELAXATION}$$

## VARIABLE可变量: TEST DIRECTION测试方向

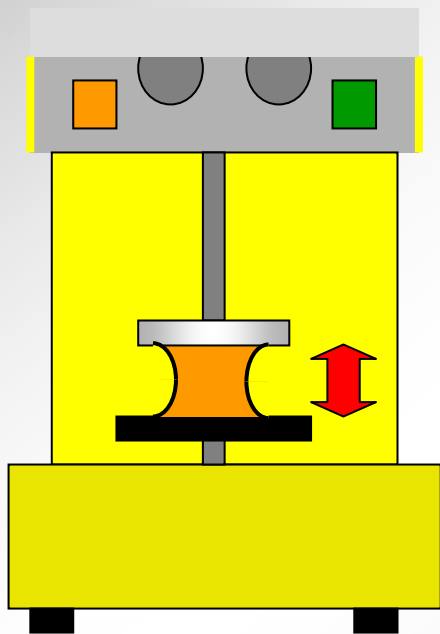


**UPWARD FORCES:** Adhesion forces are calculated from compressing a product until adequate contact between probe and sample is made.

向上施力：计算支持被压物体的力，直到探针和样品的接触充分为止。

- Considered as both a positive and negative characteristic 要考虑正面和反面的特性
- Indicative of attractive forces between sample and other materials with which it comes into contact 可预测样品和其它物体之间的吸引力会在接触中起作用
- Traditionally quantified as the work required to break interface in: 以下物体常常需要量化打破界面所做的功：

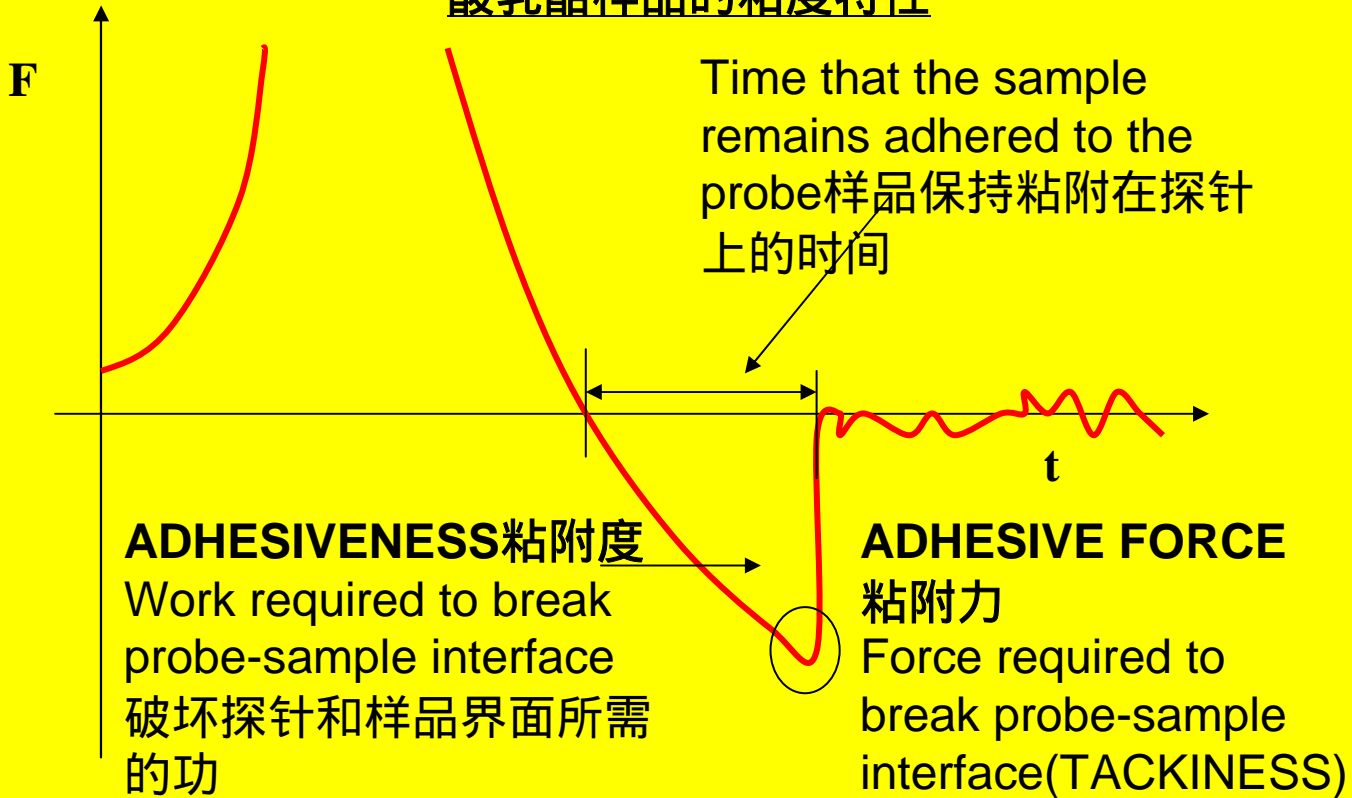
- **Glues 胶水**
- **Gums, pastes and Gels 凝胶体，面团**
- **Confectionery 糖果**
- **Rice and pasta 米和面食**



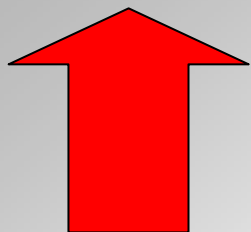
# VARIABLE可变量: TEST DIRECTION测试方向

## ADHESIVE CHARACTERISTICS OF A YOGURT SAMPLE

### 酸乳酪样品的粘度特性

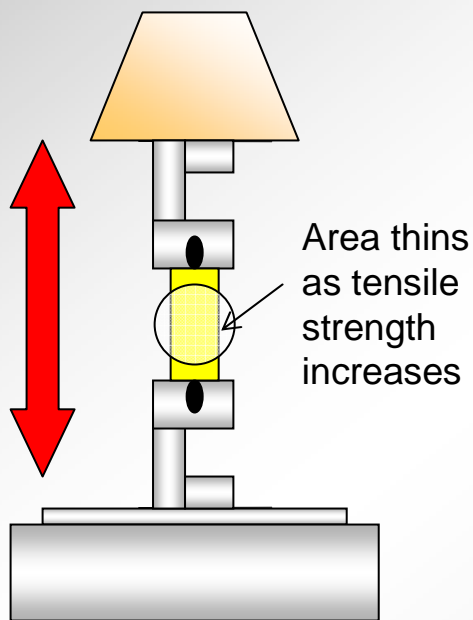


# VARIABLE可变量: TEST DIRECTION测试方向



**UPWARD FORCES:** Tension is used to stretch samples and generate tensile or break forces within a sample.

向上施力：即施加在样品上的张力，产生伸长，或导致样品破坏。



- Samples will fracture at narrowest region due to “necking” where sample thins to point where it snaps. 样品在最狭窄的地方破裂，因为在此处样品变薄，最快达到断裂点
- Problem is compounded when samples are gripped in jaws of fixture creating weak point. 当样品被固定夹具夹紧时，就使样品产生了弱点
- Geometry and regularity of sample is critical 该试验对样品的几何形状和均称性要求很严格

● **Spaghetti**

意大利式细面条

● **Packaging Seals & Films**

包装密封材料和薄膜

● **Noodles** 面条

● **Wire etc.** 金属线

# SELECTING THE TEST...

A wide range of tests are available, each with specific benefits or disadvantages in specific applications. It is for this reason that Bourne (1982) denoted a 4 stage procedure for test selection: 有很宽广的测试范围可供选择，对于特殊的应用每一个都有特别的好处。基于这个原因，Bourne在1982年建议了试验选择的4个阶段的程序：

**1. NATURE OF PRODUCT:** Material characteristics 产品的自然属性

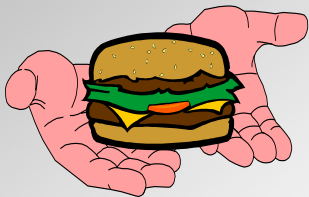
**2. PURPOSE OF TEST:** QC; Product Development; Research. Legal Obligation, Process Control etc. 试验目的：用于质量控制，产品开发，研究。法律义务，过程控制等等

**3. ACCURACY REQUIRED:** Replicate tests, natural variability within sample. 试验精度的要求：重复性试验，样品中的天然可变性

**4. DESTRUCTIVE OR NON-DESTRUCTIVE** 破坏性或非破坏性

## SAMPLE SPECIFIC VARIABLES 样品特殊的可 变性

There are a number of sample specific variables which must be addressed prior to running a texture test: 许多样品特殊的可变性在进行组织分析试验之前必须了解：



### HOW SAMPLE IS HELD: 样品摆放和被固定的方式

- Surface contact area should be maximised and anisotropic effects eliminated 表面接触面积应该是最大的，并且要消除各向异性的影响



### TEST TEMPERATURE: 测试温度

- Total dependency of textural characteristics on temperature 所有组织结构特性都与温度有关系



### EDGE AND BASE EFFECT: 边缘和基体效应

- Movement, distribution and flow of force related positioning beneath probe 探针的移动到接触受力，力的变化与探针的接触点和接触点下面的物质结构有关系。

**Sample variables must be limited and understood in order to maximise fundamental value of a test. 必须限制样品的可变量，以取得最佳的试验结果**



# Texture Analysis...

## ...a science to learn from!

Although food texture itself is a complex multi-dimensional attribute its measurement and quantification doesn't have to be. The quantification of textural parameters permits: 尽管食物的组织结构具有很复杂的多向特性，较难测量和量化。组织结构参数的量化可以做到：

Sensorial  
Correlation 与感觉有  
关系的量化

Rheological  
Prediction 流变学性  
能的预测

Process and product  
Optimisation  
生产工艺的优化

# 广州东南专业科仪公司

*We hope that you have found this tutorial useful.*

*我们希望这个指南对您有所帮助*

*For more information about our products and services please contact us.*

*如果您想要了解更多我们产品的信息和服务，请与我们联系。*

广州：东风中路268号广州交易广场1706 (510030)  
电话：020-83510088 (十线) 83510550 83510358  
传真：020-83510388