



JML04C1L

LB 膜多功能拉膜机

操作手册



1. 本仪器的设计、规格和相关软件、操作手册将会持续更新，并不会事先通知，但事后将在公司网站上公布。
2. 对于本仪器和相关软件、操作手册中需要改进的地方请及时告知我们，不胜感谢！
3. 请在使用本仪器前先确认清楚阅读并理解了相关硬件设备和软件的操作手册。我们对因错误操作本仪器引起的一切后果不承担相应责任。
4. 除非事先通知并取得我们的授权，请不要引用本操作手册的部分或全部内容用于其它用途。
5. 对于将本仪器用于商业用途而产生的利益或亏损，我们不承担相应责任。



安全标识

本操作手册使用以下标志和符号提醒您如何正确和安全的使用本仪器并避免人身伤害和财产损失。请在阅读手册前先理解以下标志和符号的含义。

标志

	忽视此标志错误操作将可能导致人身伤害或财产损失
--	-------------------------

标记

以下标记提示了不同程度的危险，均有不同程度的可能导致人身伤害或财产损失	
	即将导致最严重的人身伤害或财产损失
	可能导致严重的人身伤害或财产损失
	有一定的可能导致中等程度的人身伤害或财产损失

符号

以下符号提供了特定的安全警示以防止人身伤害或财产损失	
	可能导致受伤
	可能导致烟火、燃烧
	可能导致触电
	可能导致爆炸
	为保证安全拔去电源线
	有关正确操作的信息提示



前 言

您选择的是上海中晨数字技术设备有限公司出品的 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平），并包含了我公司生产的 JM99 系列动态膜压记录仪（LANGMIUR FILM BALNCE）的全部功能。（基于 LANGMIUR 槽法进行界面膨胀粘弹性测量请选用我公司出品的 JMP2000 界面膨胀流变仪。）

动态膜压记录仪（又称膜天平 FILM BALNCE）是测定极性有机物（两亲分子）物理化学特性的精密测量仪器。可以动态地研究各种有极性有机物质（蛋白质，脂质，高聚物等）的单分子层表面膜，记录膜的分子表面积（ A ）与表面张力（ σ ）或表面压力（ π ）之间的函数关系，著名的生物膜脂质双层结构假说以及肺内可能存在一种表面活性物质，都是采用膜天平技术证实了上述观点。近年来，膜天平在生物医学领域的应用日趋广泛，特别在分析肺表面活性物质（PULMONARY SURFACTANT）与新生儿呼吸窘迫综合征（NRDS, NEONATAL RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME），成人呼吸窘迫综合征（ARDS）及其他肺部疾患的关系方面，取得了令人瞩目的成果。进而应用外源性肺表面活性物质成功地用于治疗 RDS（窘迫综合症），在分离提取或人工合成肺表面活性物质过程中或临床上监测 RDS 的发生，膜天平是研究表面活性物质表面特性必不可少不少的测试手段。

此外膜天平测量技术在应用化学，生物膜，脂质体，集成光学，非线性物理，光电学，稀释活性源，LB 膜，超分子构型等领域都有广泛的用途。为方便您正确的使用本仪器，请认真阅读以下手册内容，相信对您的科学研究和品质控制会有很大的帮助。

主要功能和特点

JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）是在传统型的膜天平基础上作了重大改进后的产品。该产品的特点是：



- 操作过程和数据采集由 PC 计算机和前置单片机控制，实现自动化和智能化，使人为操作误差的可能降到最低；
- 关键零部件（包括传感器）进口，测试数据精确，重复性好；
- 基于 WINDOW 视窗的全中文操作软件，用户界面友好，图形可存储打印，数据可二次处理；
- 液槽表面积大，灵敏度高，泄漏小；
- 可自动测量液体表面张力。
- 可绘制 σ -A 曲线。
- 可根据 σ -A 曲线设制成膜张力上下限，滑障反复压缩和扩张成膜。
- 可设定恒定张力，滑障在拉膜时移动以维持张力的恒定。
- 拉膜速度可调。
- 体贴设计保证了仪器能适用于常规测试环境、与普通配置 PC 联机工作，运行平稳，振动小，噪音小；
- 我公司拥有本仪器完全自主知识产权，保障了用户售后维修、升级、服务的权益，更可按用户需求特制专门型号。

主要技术指标

- 1 表面张力测量范围： 0 毫牛顿/米~150 毫牛顿/米
(0mN/M~150mN/M)
- 2 分辨率： < 0.05 毫牛顿/米 (0.05mN/M)
- 3 检测方式： 吊片法 (WILHELMY TYPE)
- 4 液槽方式： LANGMUIR
- 5 液槽体积： 100mm *300mm *8mm (W * L * H)
- 6 最大测量面积： 272cm²
- 7 最小测量面积： 27.2cm²
- 8 滑尺： (LEAKPROOF) 或 (BARRIER)；
- 9 采样周期： 210 秒起 (多级调速功能)
- 10 电源电压： AC1L20±10V



-
- 11 电源频率: 50Hz
 - 12 最大消耗功率: < 150W
 - 13 工作温度: 室温, 可外接恒温水浴
 - 14 工作湿度: 30%~85%相对湿度

基本工作原理

由于液体表面上比起体相内的液体具有较高的化学势, 使物质表面分子与内层分子所受引力不同, 液体表面分子受到垂直向内的拉力, 所以液面有缩小的倾向。表面积愈大, 表面能愈大, 亦即表面张力也愈大。因此, 改变了表面积, 也即改变了张力。

在被称作 LANGMUIR 槽的液槽中注满纯水, 将定量的不溶性 (这里的溶剂指纯水) 待测物质用微量注射器轻轻地注在该液槽的纯水的表面上, 待测物质很快在液面上铺展开来, 形成一层单分子层表面膜, 此时表面张力显著降低。缓慢移动滑障 (BARRIER) 压缩表面膜, 将单分子膜初始面积 100%压缩到该面积 10%时, 滑尺反向移动, 扩展表面积直至 100%。

$$r = f (A)$$

本仪器的检测方式为吊片法 (WILHELMY TYPE) 当吊片与液面接触时, 由于液体表面张力效应, 在吊片上产生垂直向下的拉力, 该力可精确地用下述“理想”公式 (假设接触角为零) 给出:

$$W_{总} = W_{片} + r * p$$

其中 P 为吊片周长, r 为表面张力

上式又可表述为: $F = mg + 2 (L + d) r$

由于 $d \ll L$

所以 $F = mg + 2Lr$

式中 F: 吊片受到的拉力 (N)

m: 吊片的质量 (Kg)

g: 重力加速度 (m/s)

L: 吊片长度 (m)

d: 吊长厚度 (m)

r: 表面张力 SI (N/m)

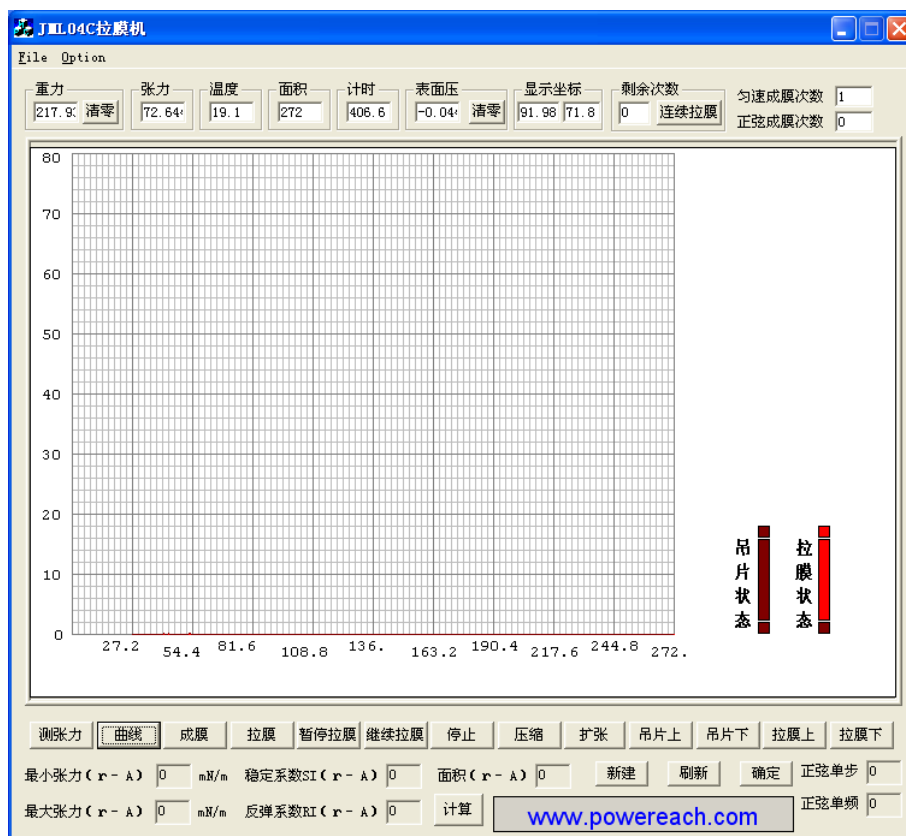


图 1 纯水的 π -A 等温曲线

图 1 表示了纯水在 JML04C1L 型 LB 膜多功能拉膜机上的实验结果。

这种检测方式同其他方式（例悬滴法，环法等）相比，优点是不必考虑校正因子。动态膜压记录仪的测量原理图由图 2 所示：

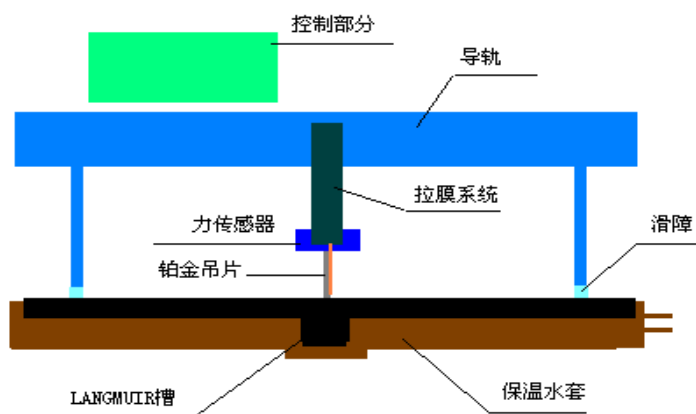


图 2 膜天平等温线检测原理



从分子运动论的观点看，不溶性表面活性物质分子在水面上产生的表面压 (π) 等于清洁液面张力(r_0)与表面活性剂在清洁液面上具有的表面张力(r)的差值, 即 $\pi = r_0 - r$, 因此, 图 1 的 r - A 函数关系也可转换成 π - A 函数关系。

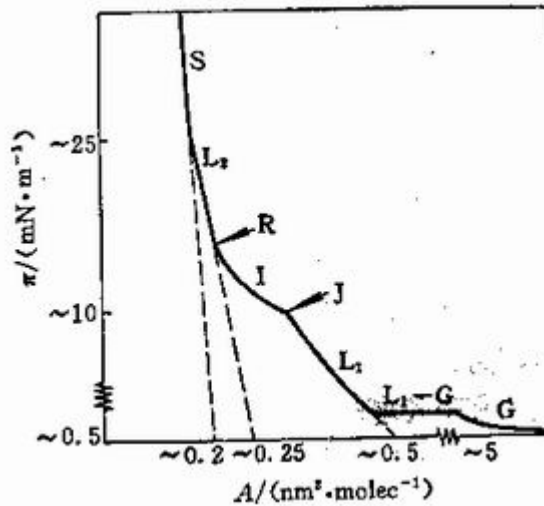


图 3 典型的 π - A 关系曲线

典型的 π - A 关系曲线如图 3 所示。由图可知，当每个不溶物分子之占据的面积很大（如 $A > 40 \text{ nm}^2$ ）时， π 值很小（如 $\pi < 0.1 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ ）。此时不溶物分子具有二维气体性质，其 π - A 关系可用 $\pi A = kT$ 描述（图 2 中 G 段），此种状态的膜称为气态膜。L₁-G 段表示随 A 的减小 π 几乎不变，代表气-液两相平衡的状态，称为气液平衡膜。L₁、I 和 L₂ 段表示的膜分别称为液态扩张膜，转变膜和液态凝聚膜。当 A 小到相当的数值时分子间几乎无空隙可压缩，此时的不溶物极性分子近似直立于水面。这种膜的可压缩性极小，如固态一样，称为固态膜（S 段）。将 S 段直线外延至 $\pi = 0$ 处，即可求出每个不溶物分子的截面积。

实验证明，并非任何不溶物都可得出图 2 种所示的各种状态的膜。呈现的膜的类型与不溶物分子结构有关。对于同一种不溶物在不同条件下所得膜的状态也有所不同。

系统硬件组成

A. JML04C1L 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）完整的工作组成如下：

- 1 PC 计算机
- 2 JML04 C1L 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平） 主机



3 彩色喷墨打印机（选配）

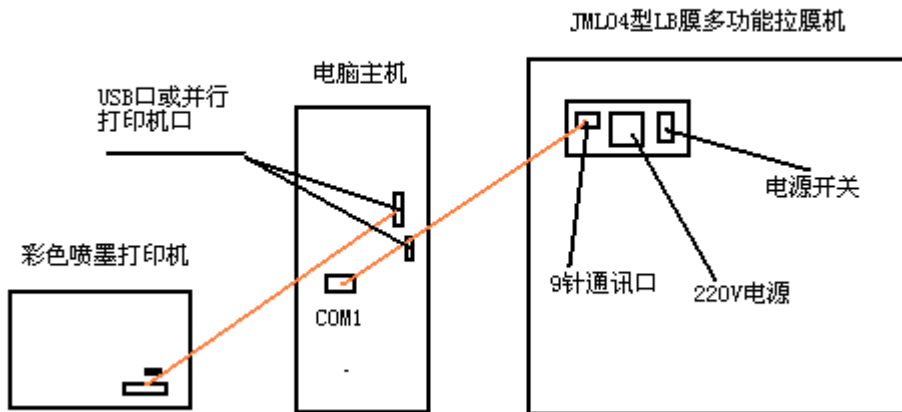


图 4 JML04 C1L 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）工作组成框图及连线

B. 详细组成如下：

1 PC 计算机

装有 Windows 95/98/2000/XP 系统

内存 128M 以上

50M 硬盘空间

可用的 COM1 口

2 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平） 主机

3 建议使用 EPSON COLOR 系列或 HP COLOR 系列彩色喷墨打印机。

系统软件组成

建立目录，将 jml04.exe 拷入目录。



安装

(一) 安装:

- (1) 按图 4 的秩序将 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）安放好；
- (2) 接上打印机电源线、打印电缆线（USB 或 25 针并行线）；
- (3) 打印电缆线接入 PC 的 USB 口或并行口，COM1 接九针电缆线；
- (4) JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）九针口接 COM1 线；

(二) 安装使用注意事项:

- (1) 应将 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）安装于无振动的平台上，最好使用隔振平台。
- (2) 用水平仪将 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）的水平位置校正好。
- (3) 放置 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）的实验室应有恒温设备，避免尘埃有害气体污染和侵蚀。
- (4) 使用 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）时，应注意强电对电源的干扰，并且有良好的接地措施。
- (5) 使用 JML04 型 LB 膜多功能拉膜机（膜天平）时，在室内禁止使用无线通讯设备和有一定功率的干扰源。

仪器操作

- (1) 取下吊片和滑尺，然后取出液槽盘。

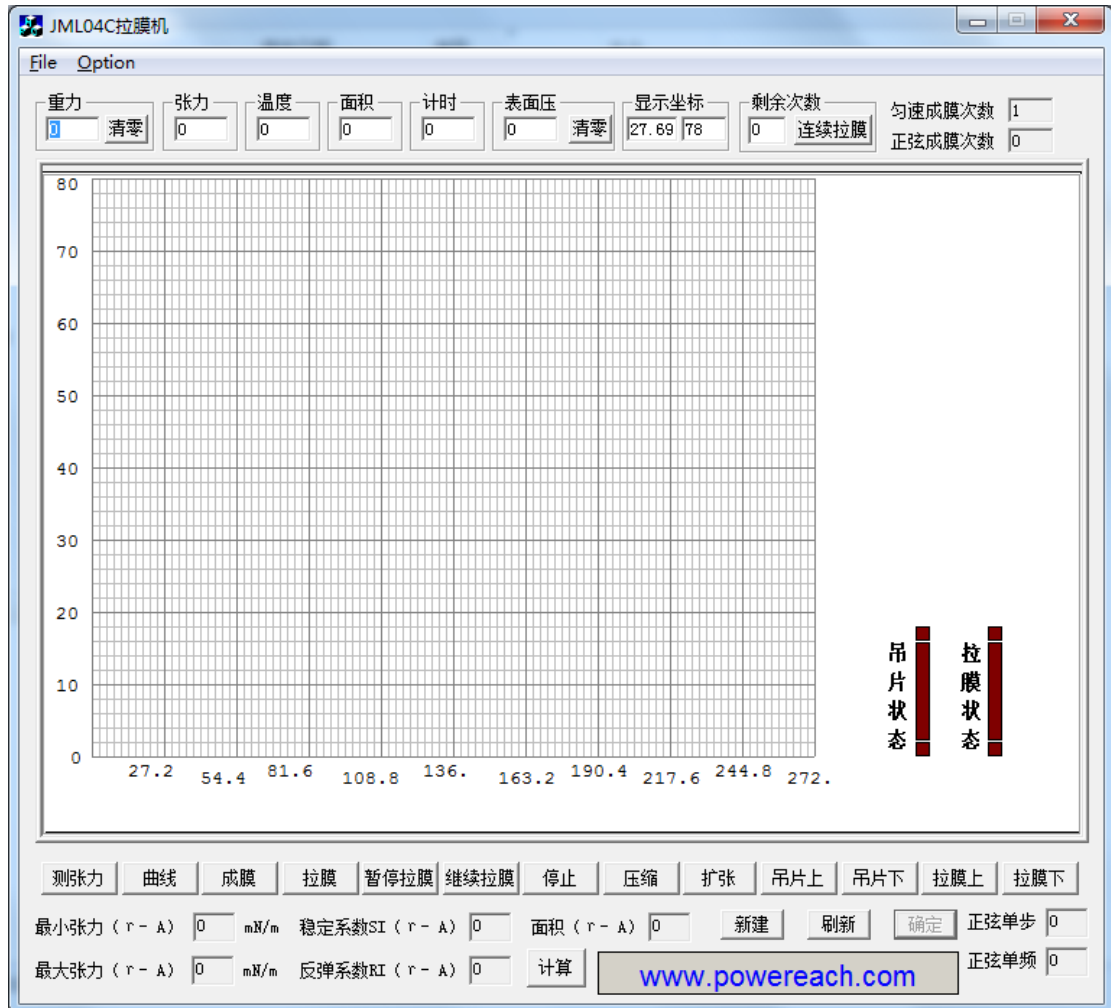
注意：不要碰撞传感器，以免损坏。

- (2) 先用洗洁精或肥皂清洗液槽、滑障，然后用蒸馏水或去离子水反复冲洗干净，再用 10% 的无水碳酸钠溶液浸泡一段时间，最后再冲洗干净。清洗后将液槽和滑障放入主机上相应的位置，用蘸有二氯甲烷（分析纯）的脱脂纱布擦洗液槽和滑障，擦洗后让其挥发数分钟，此时表面将更洁净和疏水。注意：上述操作时操作人员必须佩戴乳胶手套。吊片是铂金吊片，用 10% 的硝酸浸泡 1 小时后，用清水和蒸馏水清洗干净，最后在酒精灯灼烧至微红，冷却后挂到传感器上。



(3) 将清洗后的液槽、滑障、吊片小心安装好后，将蒸馏水或去离子水缓缓注入液槽，使液面高出液槽平面。

(4) 调出应用程序 jml104.exe，出现以下主界面（图 9）



(图 9)

点击左上 **Option** 下拉菜单中 **Connect** 键，应在界面中央弹出

COM1 initialize OK! 和 **Connect OK!**，提示 COM1 接口初始化成功以及仪器和 PC 电脑之间沟通成功。

错误提示 1: **Error to Open the COM1!**,

表示重复 connect 或者 COM1 口损坏；

错误提示 2: **Connect Error!**



表示仪器与 PC 电脑未沟通、未开电源或者连线错误

错误提示 3: **Connect BrokenN!**, (N=3、4...)

表示通讯故障, 需要退出程序、关闭仪器电源后重起电脑。

- (5) 点击左上 **Option** 下拉菜单中 **Setting** 键, 应在主界面中央弹出以下界面 (图 10)



(图 10)

输入吊片宽度、液槽宽度、液槽长度、滑障宽度。

这个界面还将用于后续各个步骤中测试参数的调整。

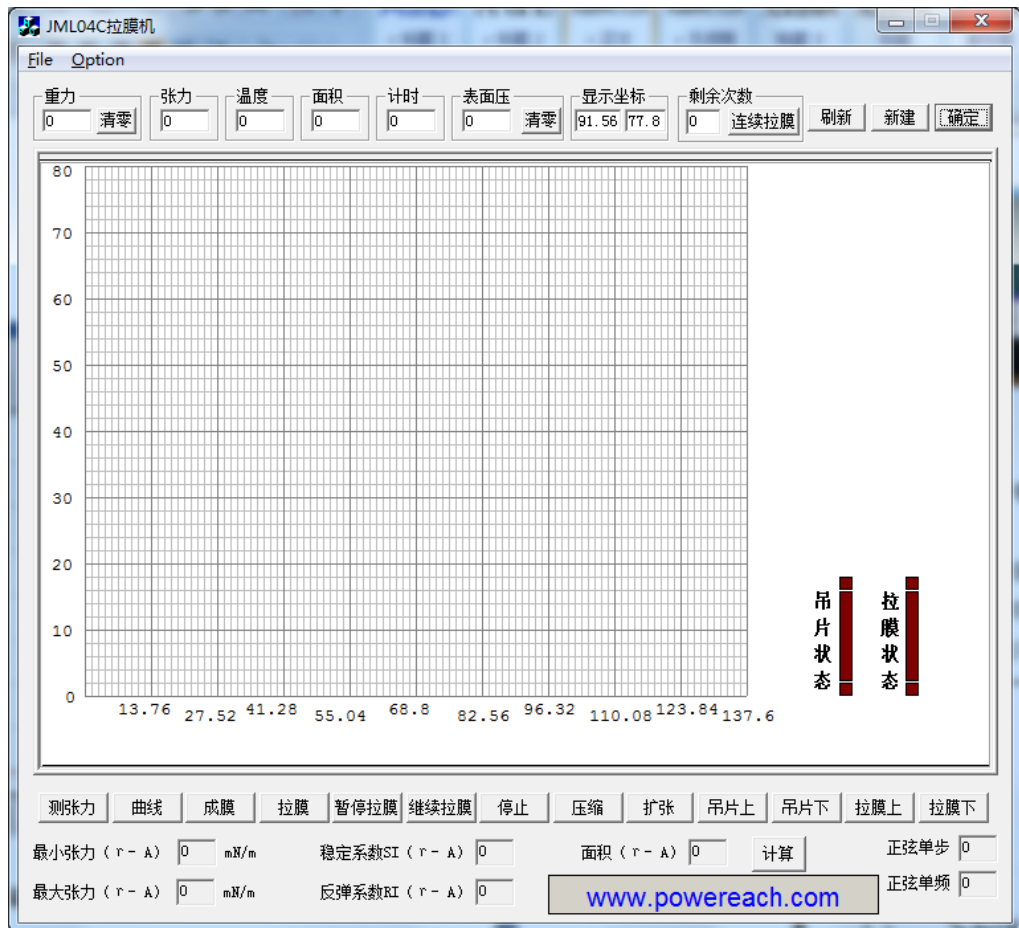
- (6) 拉膜速度: 速度可调, 快速键表示最快速度, 慢速键表示最慢速度
- (7) 滑障速度: 速度可调, 快速键表示最快速度, 慢速键表示最慢速度, 一般推荐 11.1mm/min。
- (8) 纵坐标: 曲线图的 y 轴坐标的高度, 默认为 0-80



- (9) 显示记录:主界面上可同时打开 5 个记录
- (10) 记录选择:有 1-5 个通道可以记录数据,并可再分别保存主界面上
- (11) 测张力:

上述步骤完成后, 点击主界面中**重力清零**, 再点击**测张力**, 吊片会自动下降至接触水面后自动停止, 这时主界面上**张力**显示为当时水温的水的标准张力。如

图 11:



(图 11)

测张力过程中可能需要调整 **Setting** 界面中的**触停张力**设置。

关于水在某些温度下的表面张力见下面, 供用户参考。

物质	温度	接触项	表面张力 (N/m x 10 ⁻³)
----	----	-----	--------------------------------

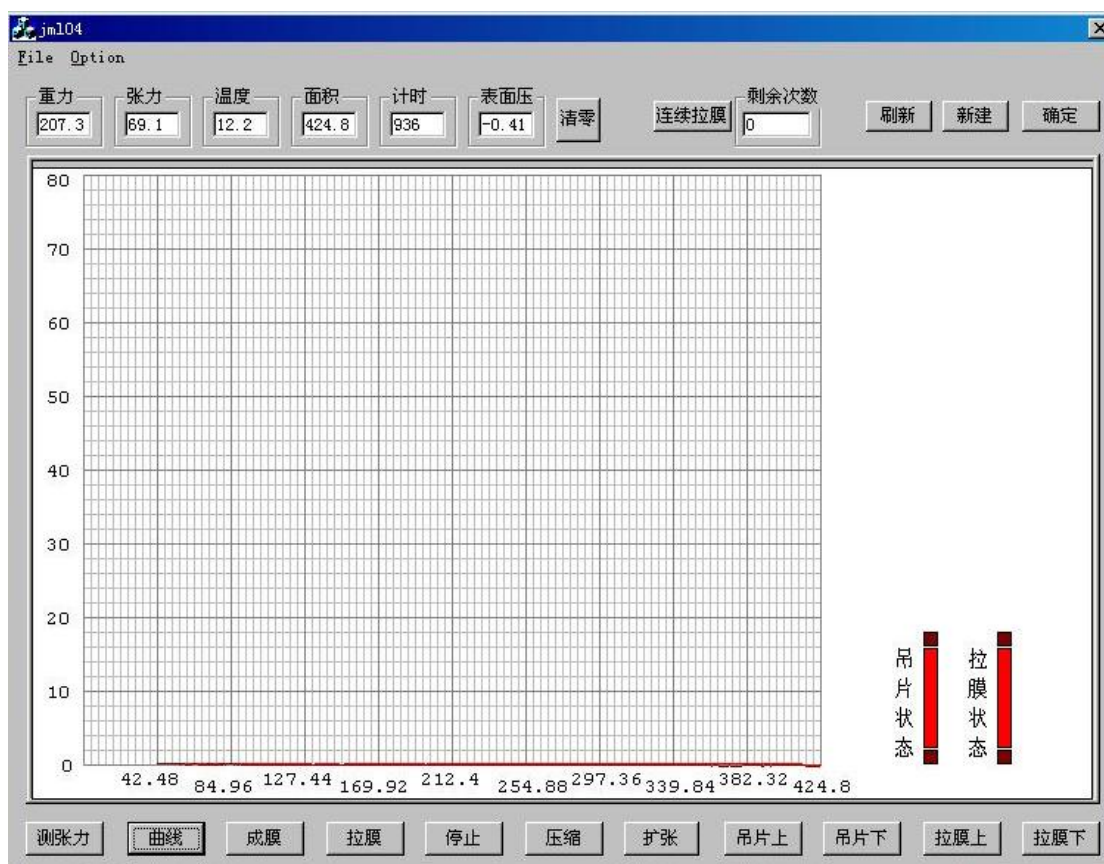


水	25	潮湿空气	72.0
水	20	潮湿空气	72.8

(12) 测 π -A(表面压-面积)曲线: (默认曲线)

点击主界面中曲线, 程序会自动测绘 π -A 曲线如下:

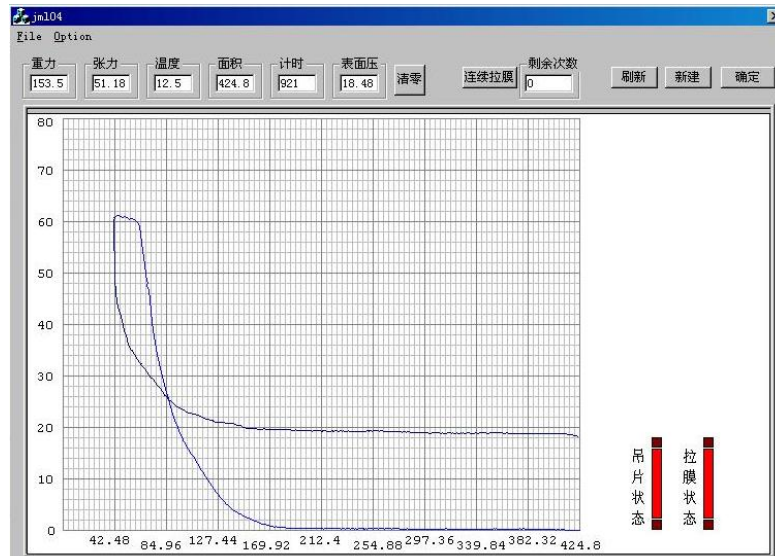
图 12 显示的是在清洗步骤认真完成的情况下, 纯水的 π -A 曲线应该是一条直线。



(图 12)

Option 下拉菜单中 Setting 界面中还有 γ -A(张力-面积)曲线, π -t(表面压-时间)曲线可供选择。

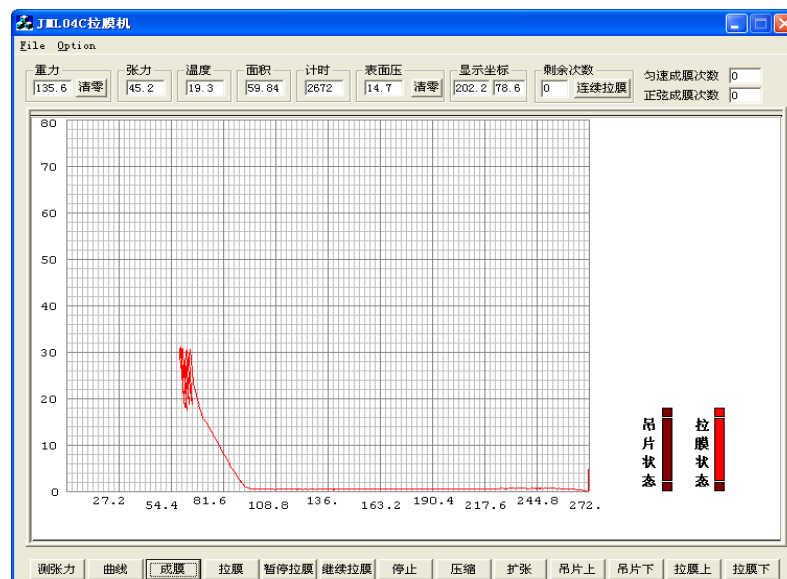
图 13 显示的是加样后测绘的 π -A 曲线。此图中的是 0.01mol/l 的花生酸氯仿溶液, 花生酸的 π 能达到 60mN/m 以上, 并且有崩溃现象出现。



(图 13)

(13) 成膜:

根据 $\pi - A$ 曲线调整 **Setting** 界面中的 **起始膜压**、**终止膜压** 和 **成膜次数** 设置，这里既提供了匀速运动成膜，还提供了正弦运动成膜。点击主界面中 **成膜**。滑障会依据设置做往复运动。正弦运动时还会有提示对话框出现。匀速运动和正弦运动同时选中时，先做匀速运动后做正弦运动。这时正弦运动的参数可以不填。由软件自动计算得出。主界面上还有剩余次数提示。过程如图 14

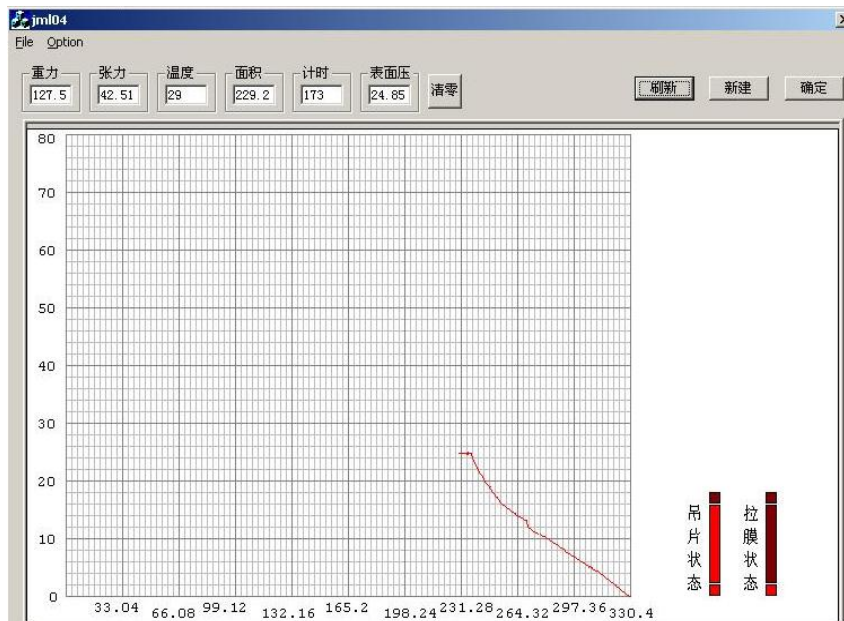


(图 14)



(14) 拉膜:

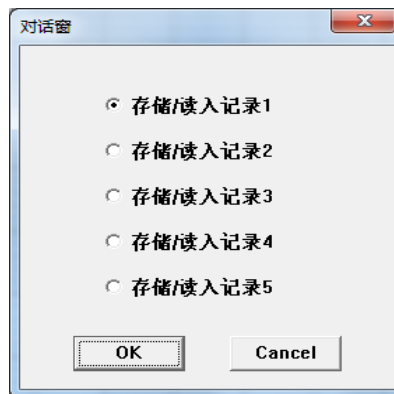
根据成膜情况调整 **Setting** 界面中的 **拉膜间隔时间**、**恒定膜压** 和 **拉膜次数**、**拉膜方向**，拉膜间隔时间根据膜在材料上的干结的时间来定。拉膜时仪器会根据恒定膜压的设置自动调整滑障位置以维持预设的膜压 ($\pm 1\text{mN/m}$ 以内)。拉膜过程如图 15。



(图 15)

(15) 文件存储和调出:

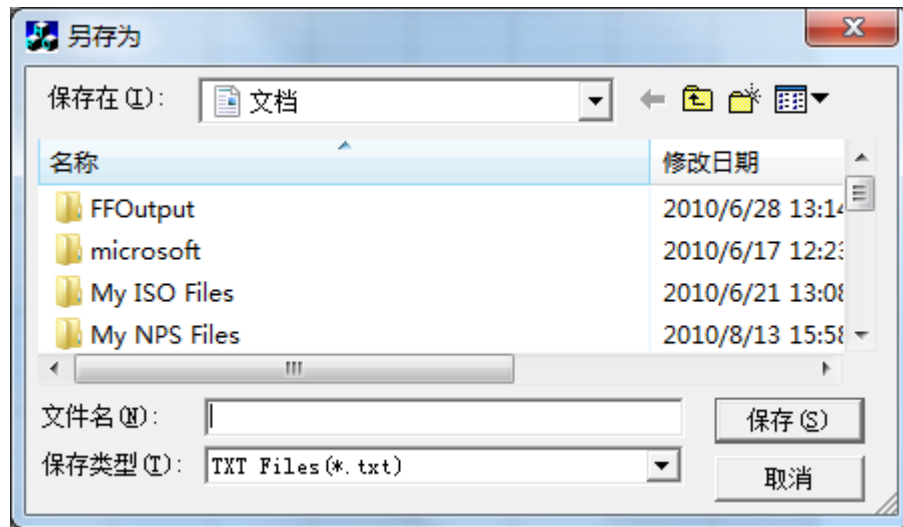
当测绘 $\pi - A$ 曲线和成膜后，均可以按主界面 **File**，选择 Open 或者 Save 均会出现以下界面 (图 15)，用于设置文件名并调出和储存相应图像。



(图 15)



存储和打开时, 可以指定相应的通道, 图 15



(图 16)

再指定相应的文件名, 点击保存或打开即可. 图 16

(16) 注意事项:

- a. 实验完毕后, 先关记录仪的电源。抽尽液槽内液体, 洗净, 用纱布揩干。
- b. 做实验时, 应注意不要碰撞张力传感器。悬挂吊片或砝码时, 避免用力过度。
- c. 注意加样和清洗时, 不要将液体溅出接水槽外, 造成电器损坏。

界面膨胀流变仪功能

(二) 界面膨胀流变仪原理

泡沫和乳状液在许多工业、农业、生物、制药和家庭应用方面有着重要的作用。它们最重要的特征是它们的稳定性。

在泡沫浮选过程中, 泡沫的稳定性是速率决定步骤。在重水生产过程中, 液体中气体的分散被用于两相之间热和物质的传导。在采油工业中, 原油乳状液的破乳有着非常重要的意义。在公路建设中, 沥青乳状液的破乳稳定性也十分重要。在生物、制药和农业应用中, 有效成分通常是油溶性的, 在生产和使用中, 通常把它们制成乳状液, 因此它们的乳状液的乳化与破乳也是这些应用的关键步骤之



一。

界面或表面膜的性质直接决定了乳状液和泡沫的稳定性，界面或表面扩张粘弹性是油水界面和表面的重要性质之一，它反映了界面或表面膜抵抗扩张形变的能力，直接影响了乳状液或泡沫的稳定性。与界面或表面的剪切粘弹性相比，无论是实验还是理论的研究都表明，扩张性质比剪切性质要大几个数量级，因此界面或表面扩张粘弹性的研究对乳状液和泡沫稳定性的研究有着重要意义。

界面或表面扩张粘弹性产生的基础是界面或表面上微观弛豫过程的存在，近三十年以来人们已经提出了一系列理论模型来阐述这些弛豫过程，因此通过界面或表面扩张粘弹性的研究，可以得到界面或表面微观过程的信息。因此界面或表面扩张粘弹性的研究不仅对乳状液和泡沫的稳定性研究有用，而且对萃取、抽提、洗涤、以及从固体中的排液过程等与界面和表面有关的过程也有着重要的意义。

（三） 界面扩张粘弹性的测量

界面扩张模量定义为界面张力变化与界面面积相对变化的比值，即：

$$\varepsilon = \frac{d\sigma}{d \ln A} \quad (1)$$

因此，界面扩张粘弹性测量的关键因素是界面的形变和界面张力的测量。

Langmuir 槽法测量界面扩张粘弹性的实验装置所用的 Langmuir 槽与普通膜天平相似，界面的压缩或扩张由滑障的运动得到，根据滑障运动方式的不同，这类利用 Langmuir 槽测量界面扩张粘弹性的方法又分为三种——小幅低频振荡法，宏观形变法（稳态法）和界面张力弛豫测量方法。

1. 小幅低频振荡法

在这种方法中，滑障平行于界面运动，使界面面积以正弦方式变化，通过测量界面张力的响应变化来对界面扩张粘弹性进行测量。

测量界面张力变化的常用方法是采用 Wilhelmy 吊片法，用高精度压电陶瓷力传感器进行测量。

对于粘弹性界面，界面应力的变化可以看作弹性和粘性部分的贡献之和，因



此，扩张模量可以很方便地用复数形式表示：

$$\varepsilon = \varepsilon_d + i\omega\eta_d \quad (2)$$

在周期性的形变中， ε_d 称为界面扩张弹性， η_d 称为界面扩张粘度。由于扩张模量中粘性部分的存在，应力 $\Delta\sigma$ 与应变 ΔA 之间存在一定的相位差 θ ，这种相位差称为扩张粘弹性的相角，它反映了 ε 的复数特征。

扩张弹性 ε_d 和扩张粘度 η_d 可以通过扩张模量的绝对值 $|\varepsilon|$ 和相角 θ 计算得到：

$$\varepsilon_d = |\varepsilon| \cos \theta \quad (3)$$

$$\eta_d = \frac{|\varepsilon|}{\omega} \sin \theta \quad (4)$$

2. 宏观形变法（稳态法）

在这种方法中，滑障以恒定的相对速率（即按指数方程运动）对界面进行扩张，即 $d \ln A / dt$ 为常数，界面张力的变化用 Wilhelmy 吊片直接测得。在这种方法中，界面面积的变化可以很大，因此相对于前面的表面波实验而言，这种方法所研究的是宏观形变下界面的性质。

当达到稳态时，测得的界面张力不随时间改变，因此这种方法也称为稳态法。

和 $d \ln A / dt$ 的值分别代入下式：

$$\Delta\sigma = K \frac{d \ln A}{dt} \quad (5)$$

可以得到式中的比例常数 K ， K 称为稳态扩张粘度

这种宏观形变的研究方法仅适用于界面与体相之间通过扩散交换来进行弛豫的体系，即可溶膜体系。

3. 界面张力弛豫方法



这种方法是通过研究界面的瞬间形变后，界面张力的变化曲线来研究界面的扩张粘弹性质。在理论上，频率 ω 时的周期试验与在时间 $t=1/\omega$ 的瞬时实验在性质上是等同的，二者之间可通过 Fourier 变换将其中一个性质对整个时间范围内积分或对频率从 0 至 ∞ 积分来得到另一个性质。因此也可以用这种方法得到界面的扩张粘弹性参数。可将这种方法用于界面扩张粘弹性的研究之中。用下述时间—频率变换来表示，如公式 (6)：

$$\varepsilon = \varepsilon_d + i\omega\eta_d = \frac{\int_0^{\infty} [\Delta\sigma(t)] \exp(-i\omega t) dt}{\int_0^{\infty} [\Delta \ln A] \exp(-i\omega t) dt} \quad (6)$$

根据公式 (7) 和 (8) 可分别计算出 ε_d 和 η_d

$$\varepsilon_d = \frac{\omega}{\Delta A/A} \int_0^{\infty} \Delta\sigma(t) \sin(\omega t) dt \quad (7)$$

$$\eta_d = \frac{1}{\Delta A/A} \int_0^{\infty} \Delta\sigma(t) \cos(\omega t) dt \quad (8)$$

这样可以用界面张力弛豫实验在很宽的频率范围内得到 ε_d 和 η_d 的频率谱。

这种方法除了可以对界面的 ε_d 和 η_d 的频率谱特征进行分析外，还可以通过对界面张力弛豫曲线进行多指数参数拟合等多种方法对界面的基本弛豫过程进行分析。因此这种方法看起来非常简单，却可以通过对实验曲线的数学处理得到很多有用的信息。

五 系统软件组成

(一) 系统文件

jmz04(流变).exe

(二) 系统使用

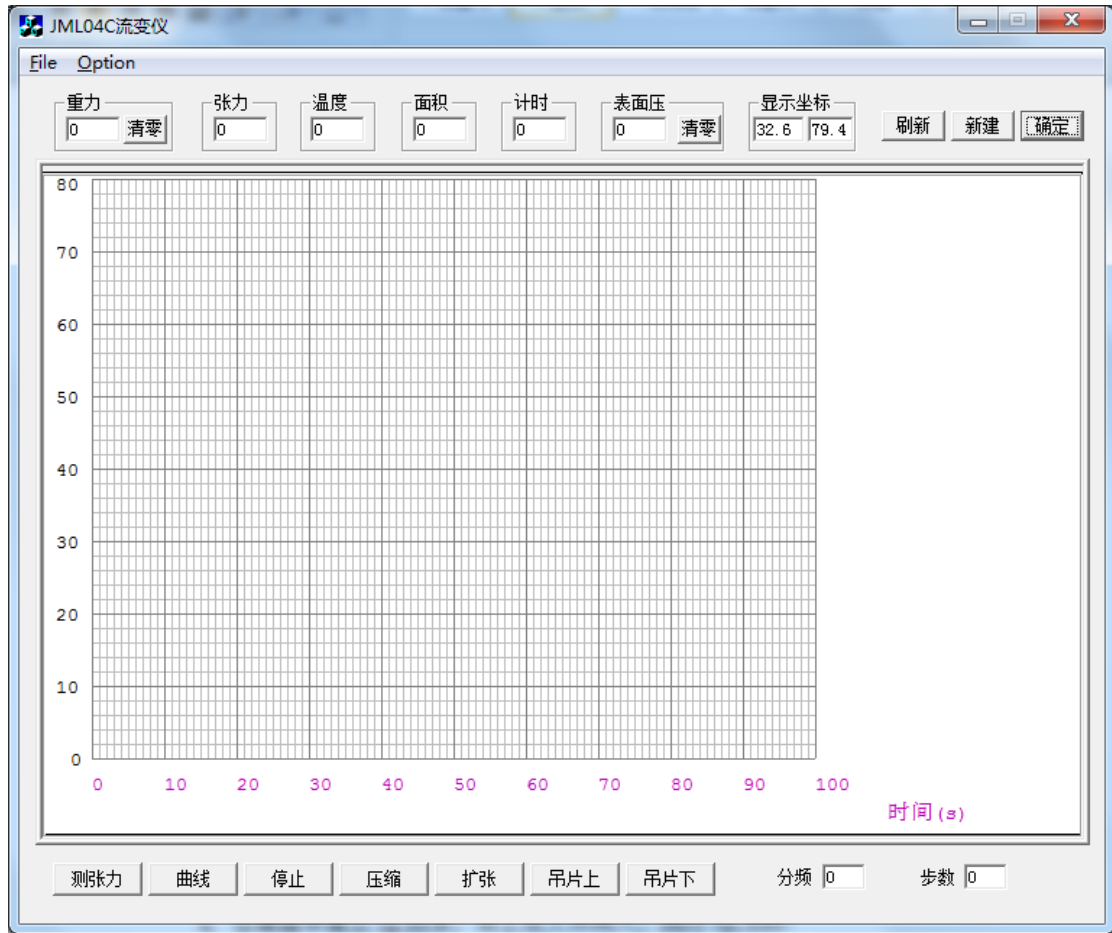


图 5 系统软件界面

- a. 在硬盘中建立目录，将上述文件拷入，执行 exe
- b. 出现图 5 界面
- c. 单击 Option 项如图 6:

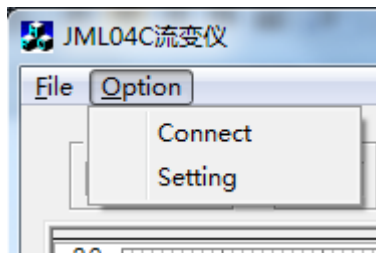


图 6 Option 选项

- d. 单击 Connect 联接计算机和控制器之间的通讯，如果成功，屏幕右上角实测数据会出现并不断更新；如果失败，会有提示框—— Connect Error!



e. 单击 Option 选项 Setting，设置对话框中内容。

运动模式中有匀速运动，正弦运动，指数运动，瞬间运动。各种运动介绍见附录 6。纵坐标可分为三档显示 0-20，40，80。滑障速度有多种速度可选择。

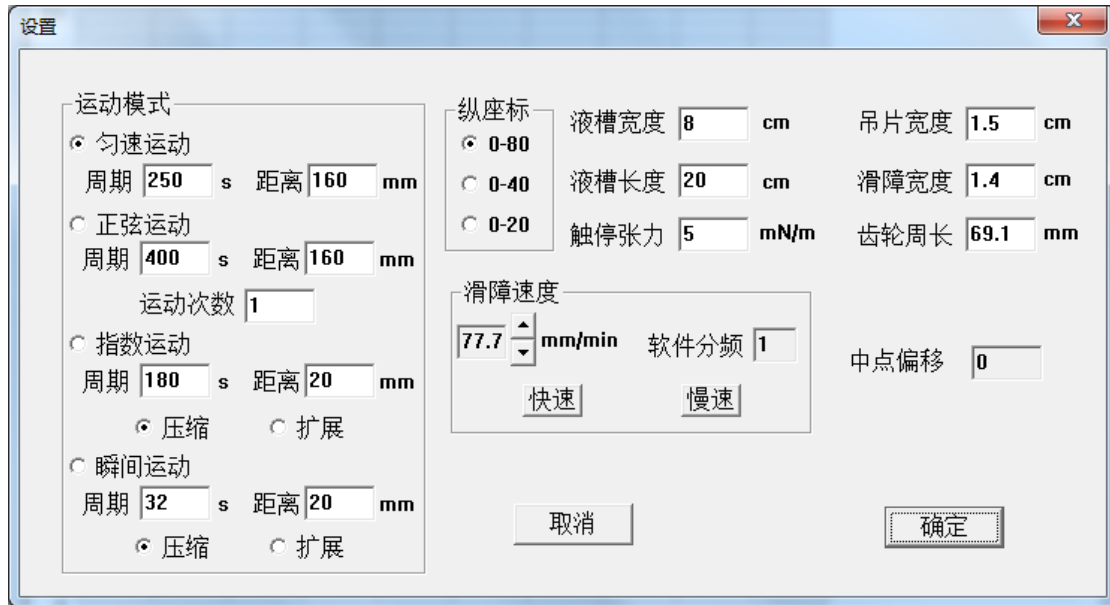
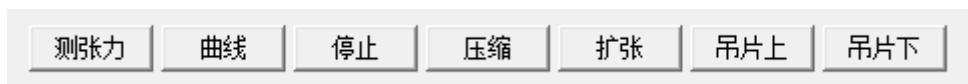


图 7 设置对话框

f. 一切准备就绪后，按测张力键测值，再按曲线键开始记录



g. 仪器会自动绘制曲线并计算数据

h. 按一般的 Windows 文件操作存储，读取，打印文件

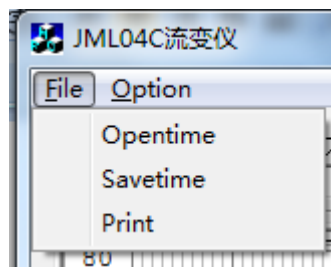


图 8 文件操作和打印



六、操作说明：

（一）实验前准备工作

1. 仪器的安装及水平调节。一次调水平后，若仪器位置不动，以后可不再调节。
2. Langmuir 槽的清洗
有两种方法：（1）用软毛刷沾洗衣粉或洗涤剂擦拭，用大量水冲洗，然后将槽体擦干，注入铬酸洗液，浸泡足够长时间，再一次用自来水、一次蒸馏水和二次蒸馏水冲洗，干燥备用。（2）按照石油醚（60-90⁰C）、丙酮、一次蒸馏水、二次蒸馏水各若干次清洗的顺序。干燥备用。以上两种方法适用于不同的实验体系。
3. 滑障及吊片的清洗：方法同上。
4. 仪器的预热：开始实验前，仪器需预热 30 分钟。

（二）实验操作步骤

- （1）打开 option 菜单，点击“Connect”按钮，实现计算机与仪器之间的通讯。
- （2）利用左右移动按钮将滑障调到适当的位置。
- （3）选择工作模式，输入工作参数及保存实验数据的文件名及路径。
- （4）按红色按钮开始实验。
- （5）按 option 菜单中的“savetime”输出实验数据到选定的文件中。
- （6）数据处理。

（二）不同工作模式的数据处理

1. 小幅低频振荡工作模式（正弦运动）



利用 Origin5.0 程序中的“Import ASCII”功能将原始实验数据输入到 Origin 程序中，将 A 列数据粘贴到 B 列，A 列数据用“Set Column Value”功能设置数据，方程“Col(a)=I*0.2”，这一列是时间。B 列数据用方程“Col(a)=-(Col(a)-C)/L”设置实验数据。此时 B 列数据就是界面张力的数据，C 为每次实验的数据零点，由用户自己定，关系不大。L 为吊片横向的周长，单位为毫米。

利用 Origin5.0 程序中的 Nonlinear Fit 功能对 B 列数据进行数据非线性拟合，拟合方程为： $y=P1*\cos(2*3.1416/10*x+P2)+P3$ 。式中 P1 是界面张力的振幅（单位：mN/m），P2 是界面张力的相位（单位：弧度）。P3 为零点校正。

界面扩张模量的计算：

$$|\varepsilon| = \frac{2P1}{\ln[A_0/(A_0 - \Delta A)]}$$

式中 A_0 是界面的初始面积， ΔA 是改变的界面面积。计算得到的 $|\varepsilon|$ 单位为 mN/m。

界面扩张弹性和扩张粘度的计算：

$$\varepsilon_d = |\varepsilon| \cos P2$$
$$\eta_d = \frac{1}{\omega} |\varepsilon| \sin P2$$

2. 宏观形变模式（指数运动模式）

利用 Origin5.0 程序中的“Import ASCII”功能将原始实验数据输入到 Origin 程序中，将 A 列数据粘贴到 B 列，A 列数据用“Set Column Value”功能设置数据，方程“Col(a)=I*0.2”，这一列是时间。B 列数据用方程“Col(a)=-(Col(a)-C)/L”设置实验数据，此时 B 列数据就是界面张力的数据，



C 为每次实验的数据零点，由用户自己定，关系不大。L 为吊片横向的周长，单位为毫米。

读出达到平台时的界面张力数据 γ_t ，以及实验开始阶段的界面张力数据 γ_0 ，根据下式计算稳态扩张粘度：

$$K = \frac{\gamma_t - \gamma_0}{d \ln A / dt}$$

3. 界面张力弛豫工作模式

(略)

4. 匀速运动方式 (常规用途)

(详见我公司生产的 JML04S型双驱动膜天平用户指南)

(三) 各种工作模式举例说明

1. 小幅低频振荡模式

正癸烷/0.001wt%Triton X-100 水溶液界面的扩张粘弹性质。

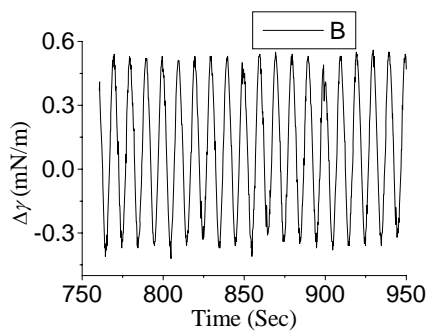


图 9-1

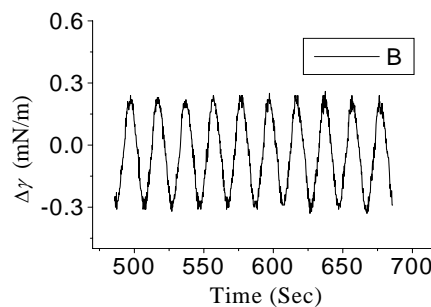


图 9-2

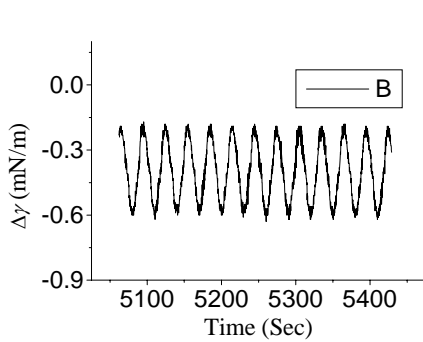


图 9—3

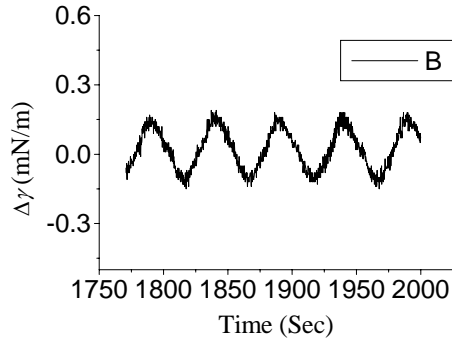


图 9—4

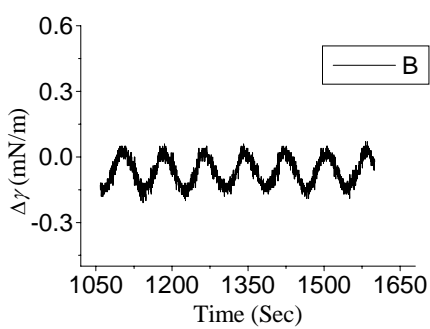


图 9—5

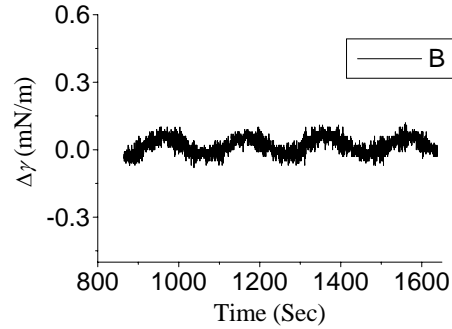


图 9—6

图 9—1 至 9—6 分别是正癸烷/0.001wt%Triton X-100 水溶液界面在 30°C 下频率分别为 0.1, 0.05, 0.033, 0.02, 0.0125, 0.005Hz 的正弦振荡实验原始数据曲线, 振幅都是 5% (10%除 2)。经过数据处理后可得到以下结果 (表一):

表一: 正癸烷/0.001wt%Triton X-100 水溶液界面扩张粘弹性实验结果 (正弦振荡法)

Log ω	Log $ \varepsilon $	Tan θ	η_d (mN/ms)	ε_d (mN/m)
-1	0.90995	0.29248	22.81482	7.80058
-1.30103	0.67788	1.22115	73.98477	3.00029
-1.47712	0.55272	1.51106	89.24613	1.97434



-1.69897	0.35667	2.07118	102.3620	0.98844
-1.90309	0.19544	2.39794	115.80109	0.60365
-2.30103	-0.14438	1.80843	125.52109	0.34704

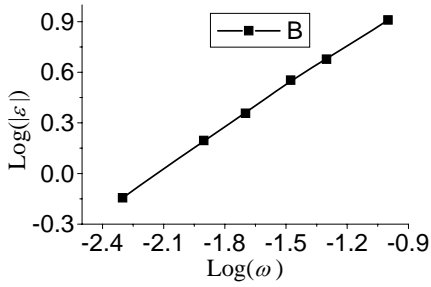


图 9-7

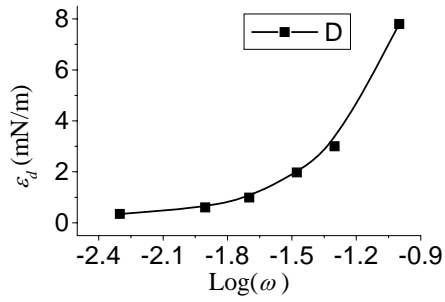


图 9-8

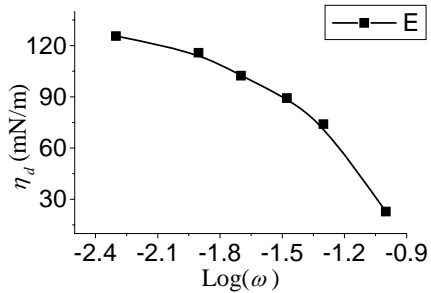


图 9-9

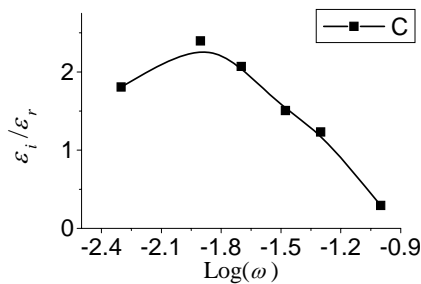


图 9-10

图 9-7 至 9-10 分别是这些结果的图。

2. 宏观形变法（稳态法）

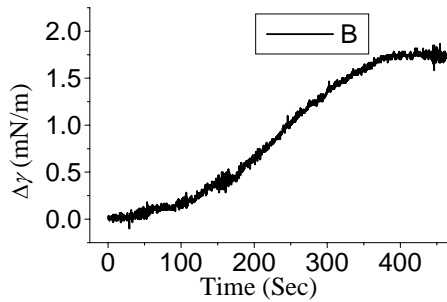


图 9-11



图 9-11 是 $C_{12}H_{25}OH$ 在癸烷/水界面的稳态法实验原始数据曲线，其中 $d \ln A / dt = 0.00362 / s$

从图中读到 $\Delta \gamma = 1.744 \text{ mN/m}$ ，根据公式 $\Delta \gamma = K \frac{d \ln A}{dt}$

求得：稳态扩张粘度 $K = 481.2 \text{ mN/ms}$ 。

3. 界面张力弛豫实验

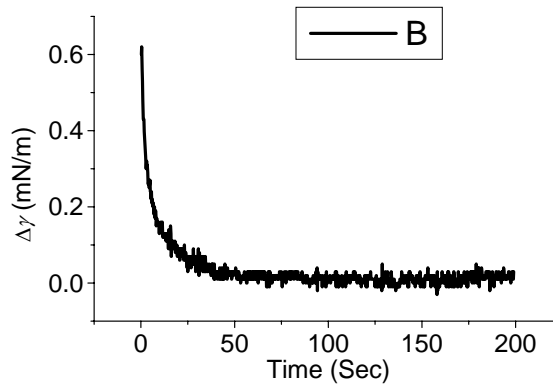


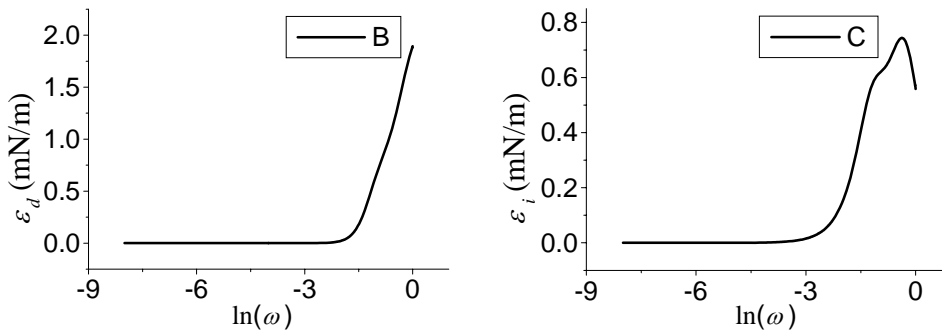
图 9-12

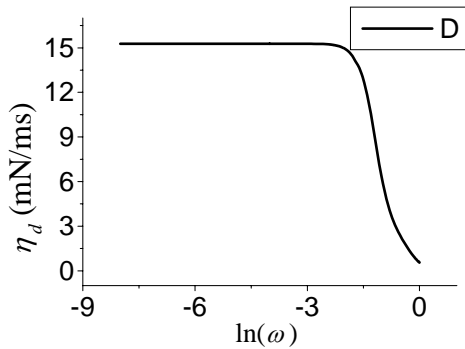
图 9-12 是正癸烷+0.15wt% $C_{18}H_{37}OH$ /0.02wt%Triton X-100 水溶液界面界面张力弛豫曲线原始数据曲线，扩张幅度 30%。

经过数据拟合可以得到界面张力弛豫曲线的衰减方程：



$$\gamma(t) = 0.26 \exp(-0.063t) + 0.39 \exp(-0.51t)$$

通过付立叶变换对这个方程进行处理可以得到界面扩张弹性（实数部分）和虚数部分及界面扩张粘度的弛豫谱，如下图所示：





(五) 注意事项

- 实验完毕后，先关记录仪的电源。抽尽液槽内液体，洗净，用沙布揩干。
- 做实验时，应注意不要碰撞张力传感器。悬挂吊片或砝码时，避免用力过度。
- 注意加样和清洗时，不要将液体溅出接水槽外，造成电器损坏。
- 张力调零：当吊片悬挂在传感器上，未与液面接触时，应仔细调节张力调零的粗调和细调旋钮，使程序屏幕上的 Weight=0.0。如果吊片是过滤纸，则应将经纯水充分浸润的过滤纸脱离液面再校零。
- 吊片高度：将吊片缓缓浸入液体中，此时 Weight 可能会显示负值，随后缓缓提起吊片，使 Weight 显示为当时水温的水的标准张力。若吊片提得太高，可能会造成加了样品之后，或将表面膜压缩时，吊片脱离液面。
- 四种运动方式，到达左右运动限位时都会停止运动，瞬间运动和指数运动完成运动以后数值仍旧会进行记录，按  后，数值将会停止记录。运动过程中按  所有运动都会停止。

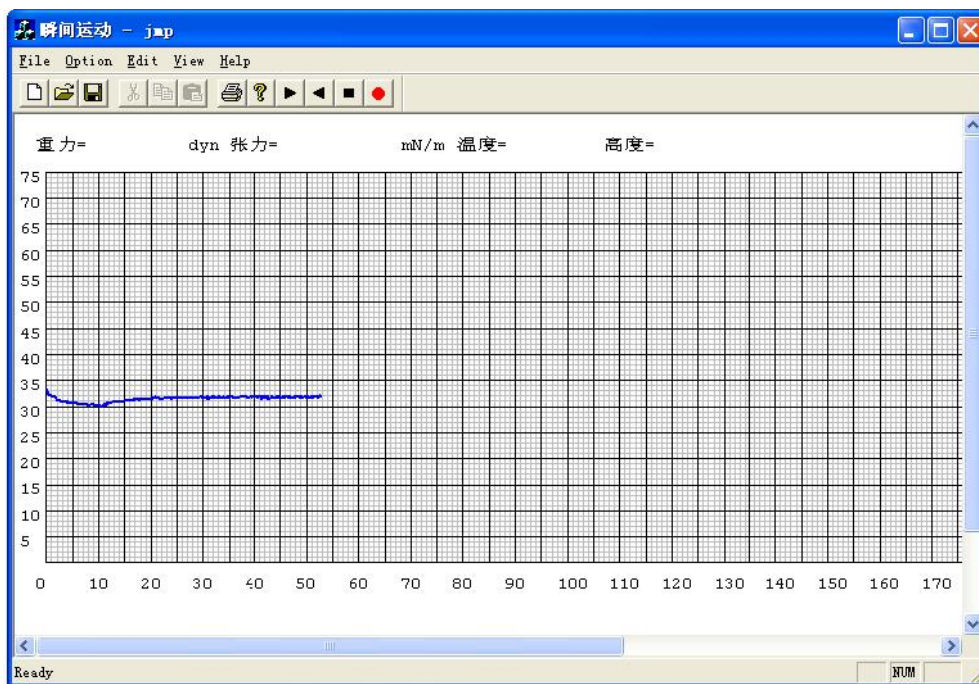
(六) 附录

- 关于水在某些温度下的表面张力见下面，供用户参考。

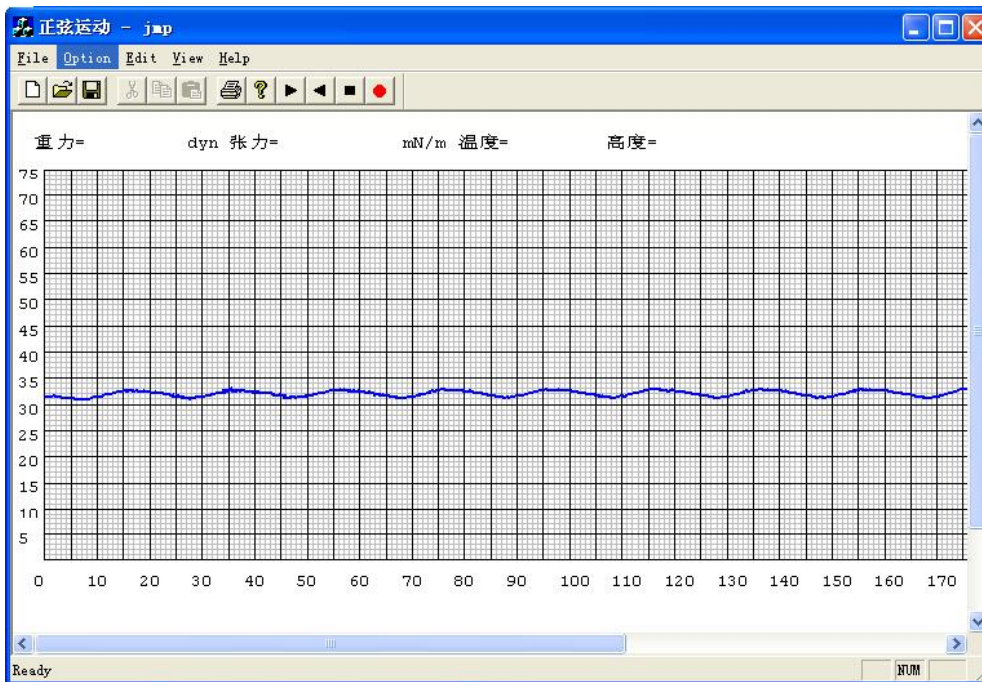
物质	温度	接触项	表面张力 (N/m x 10 ⁻³)
水	25	潮湿空气	72.0
水	20	潮湿空气	72.8



瞬间运动（驰豫运动）

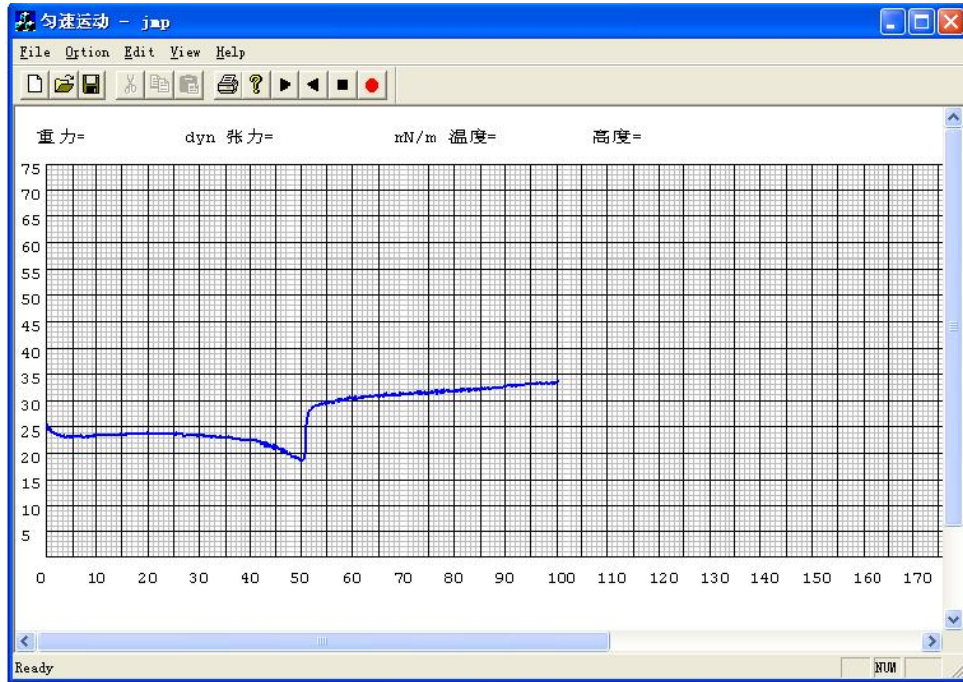


- 正弦运动

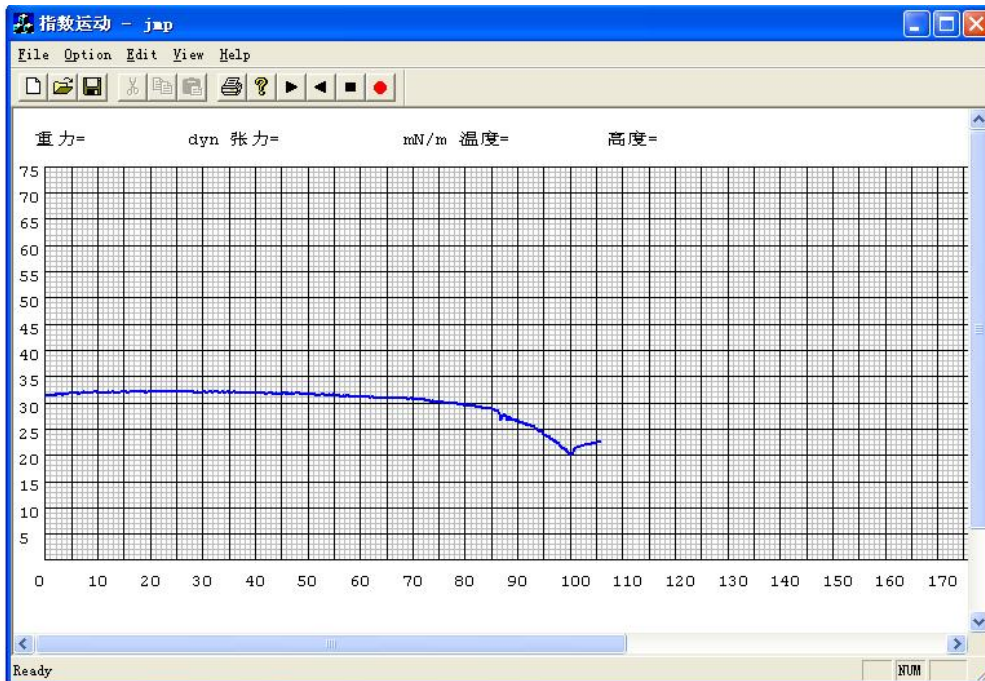




● 匀速运动



● 指数运动





八 后记

用户在使用时遇到一些自己无法解决的问题，请及时与本公司联系，便于本公司帮助解决。如果用户不方便直接电话联系，或者出现的问题比较复杂，或者有好的建议，可以发 E-mail 给本公司，本公司收到后，会迅速对用户作出响应。



出 品：上海中晨数字技术设备有限公司

地 址：上海市千阳路 271 弄 金江工业园 9 号 3 楼

电 话：021-22819340, 22819341, 15900766766

传 真：021-52690473

邮 编：200333

E-mail: rich2007@188.com

网 址: www.powereach.com

联系人：陈先生

技术支持：上海华东师大水环境和界面科学研究中心

地 址：上海中山北路 3663 号化学馆

邮 编：200062

联 系 人：韩庆平 马士禹

地 址：上海中山北路 3663 号化学馆

电 话：021-62232704