

西安夏溪电子科技有限公司

是热物理与化学性质测量方面的专家，致力于为石油、化工、生物、医药、食品、动力机械、能源等各行业提供高精度的物理化学性质测量仪表，同时可为用户提供导热系数、粘度、温度、压力、密度、比热、饱和蒸气压和临界参数等多种热物性测试服务以及可燃性测试系统、真空配气系统和热物性综合测试系统等实验室仪器的开发服务。

XIATECH

西安夏溪电子科技有限公司
西安市南二环东段 31 号云峰大厦

www.xiatech.com.cn

电话：400-651-9990

传真：029-88135429

邮箱：info@xiatech.com.cn

振动弦粘度/密度计

西安夏溪电子科技有限公司提供的 VS3000 振动弦粘度/密度计基于目前国际粘度测量领域中最先进的振动弦测量方法，可同时测量液体的动力粘度、运动粘度和密度，具有精度高、测量速度快、所需样品量少等优点，适用于各种流体，如润滑油、冷冻机油、冷冻液、制冷剂、各种有机混合物等，特别适合挥发性液体和高压测量。

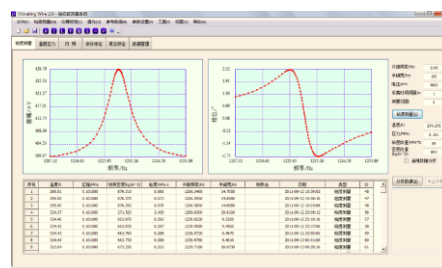
产品性能（VS 3000）

	粘度 $\eta/\text{mPa}\cdot\text{s}$	密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
测量原理:	振动弦法	振动弦法
测量范围:	0.1~100	500~2000
测量精度:	$\pm 2.0\%$	$\pm 0.5\%$
复现性:	$\pm 2.0\%$	$\pm 0.1\%$
分辨率:	0.2%	0.05%
温度范围:	-40~150 °C	-40~150 °C
耐压范围:	0~20 MPa	0~20 MPa
测量时 :	5 分钟	
适用流体:	冷冻液、润滑油、制冷剂液体	
样品用量:	200 mL	
接口方式:	USB	

测试主机：XIA-VS3000



测试软件：XIA-VWsoftware 2.0



测试方法

粘度是用来衡量流体黏性大小的一个物性数据，不同的物质粘度不同，其大小由物质种类、温度、压力等因素决定。粘度实验测量的方法主要有毛细管法、落体法、振动体法、激光法以及旋转法等。其中，振动弦法工作方程完善，结构简单、紧凑、需要试样少，可实现粘度和密度的同时测量，测量的范围广、精度高，容易实现自动化测量等优点，因而是近 20 年来国际上实验室粘度研究中使用最多的方法。

旋转法测量精度较低，一般不作为实验室精密研究使用的方法而常用于工业化应用，国际学术界基本没有旋转法测量粘度的文献和报告。表 1 列出了振动弦法与旋转法的比较：

表 1 振动弦法与旋转法的比较

	振动弦法	旋转法
适用范围	牛顿流体	牛顿和非牛顿流体
测量精度	测量精度高，绝对测量时，粘度不确定度为±3%；相对测量时，粘度不确定度为±0.5%；	精度较低，通常不用于实验室精密研究
密度测量	可同时测量流体的粘度和密度，密度不确定度可达到±0.1%；	不能获得密度
主要特点	适合实验室高精度测量	在粘度大于 100 mPa·s 的高粘度非牛顿流体粘度测量上有优势；技术成熟，适合于工业粘度测量
价格比较	价格适中，视配置和精度要求不同价格不同	国外的精度较高的旋转粘度计价格通常超过 60 万人民币
售后比较	VS3000 由热物性测试专业人员组成的研发队伍作为技术支持，在售后服务和技术支持上具有特殊优势	由于属于专业型设备，在技术支持不到位的情况下，使用人员往往会因为不能掌握准确的操作方法而引起测量偏差

测量原理

振动弦理论的基本模型是一根无限长圆截面的丝在无限大流体中做横向振动，丝的运动与流体的密度和粘度有关。振动弦的振动通过电磁感应实现，将金属丝放置在磁场中，给金属丝通入正弦电流，在磁场的作用下金属丝会做横向振动，在磁场中振动的金属丝又会产生感应电压，产生的感应电压和金属丝的振动速度相对应，通过测量振动丝的振动信号，利用非线性回归将共振曲线拟合成幅值和相位的表达式，就可以得到流体的粘度和密度值。

利用 VS3000 振动弦粘度/密度计对 298.15 K、0.1 MPa 状态下的甲苯进行标定，该状态下甲苯的粘度和密度参考数据分别是 $\rho_{\text{ref}} = 862.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ， $\eta_{\text{ref}} = 0.555 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ，图 1 为甲苯中的共振曲线及其与理论方程的偏差，结果表明共振曲线与方程吻合很好。

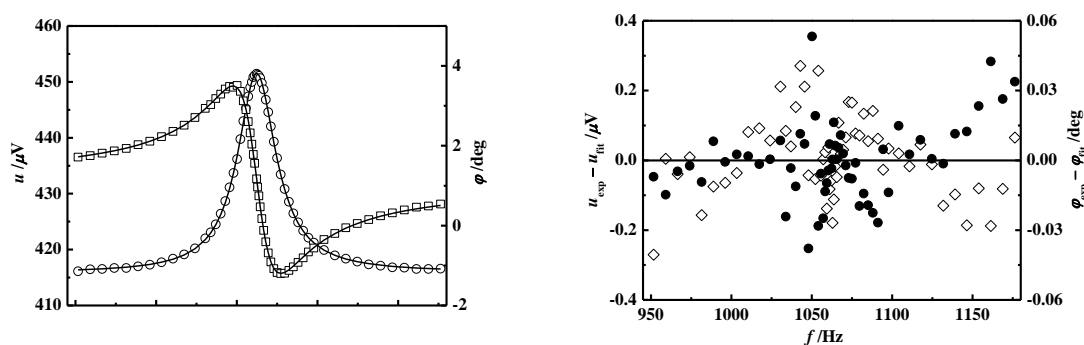


图 1 甲苯中实验测量和理论拟合共振曲线及拟合偏差 (298.15 K、0.1 MPa)
实线, 理论值; ○, 幅值; □, 相位; ◇, 幅值偏差; ●, 相位偏差

测试样例

饱和液相甲苯是被国际应用化学联合会(IUPAC)推荐的测量液相导热系数的标准物质。为了检验仪器的准确度及可靠性，西安夏溪电子科技有限公司利用饱和液相甲苯对仪器进行了检验。标定中所使用的液相甲苯是美国 TEDIA 公司生产的，纯度 99.9 %。

表 2 列出了利用 VS3000 振动弦粘度/密度计获得的甲苯的粘度和密度测量值以及与文献(Assael MJ, Avelino HMT, Dalaouti NK, et al. Reference Correlation for the Viscosity of Liquid Toluene from 213 to 373 K at Pressures to 250 MPa[J]. International Journal of Thermophysics, 2001, 22(3): 789-799) 的比较。

表 2 甲苯密度和粘度标定结果

T/K	p/MPa	$\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$\eta/\text{mPa}\cdot\text{s}$	$100 \Delta\rho/\rho^a$	$100 \Delta\eta/\eta^a$
273.15	0.10	885.644	0.7780	-0.01	0.70
273.15	4.50	889.000	0.8047	0.04	0.59
273.15	9.53	892.089	0.8400	0.02	0.96
273.15	14.48	895.239	0.8732	0.03	1.05
298.15	0.10	862.500	0.5550	0.00 ^a	0.00 ^b
298.15	4.47	865.919	0.5758	-0.01	0.10
298.15	9.57	870.033	0.5974	0.03	-0.16
298.15	14.58	873.518	0.6216	0.02	0.03
313.15	0.10	848.552	0.4648	-0.01	-0.81
313.15	4.49	852.396	0.4822	0.01	-0.64
313.15	9.43	856.481	0.5011	0.02	-0.67
313.15	14.48	860.511	0.5212	0.04	-0.57
333.15	0.10	829.794	0.3795	0.01	-0.50
333.15	4.43	834.125	0.3930	0.04	-0.60
333.15	9.43	838.697	0.4096	0.05	-0.44
333.15	14.48	843.228	0.4262	0.07	-0.39

a $\Delta\rho/\rho = (\rho_{\text{exptl}} - \rho_{\text{calcd}})/\rho_{\text{calcd}}$, $\Delta\eta/\eta = (\eta_{\text{exptl}} - \eta_{\text{calcd}})/\eta_{\text{calcd}}$, ρ_{exptl} 和 η_{exptl} 是实验值, ρ_{calcd} 和 η_{calcd} 是文献值。

b 表示标定数据点。

图 2 示出了甲苯密度实验值与文献值的偏差，图 3 给出了甲苯黏度实验值与文献值的偏差。实验结果表明振动弦粘度/密度计实验系统测量结果可靠。

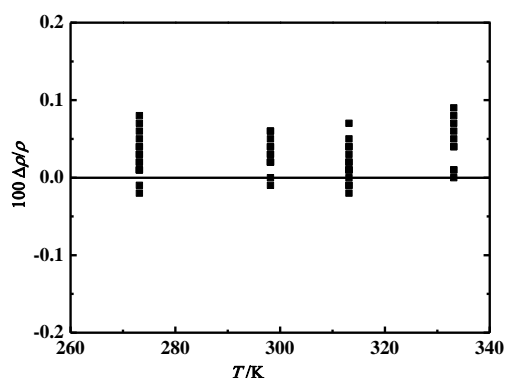


图 2 甲苯密度实验数据与文献值的偏差

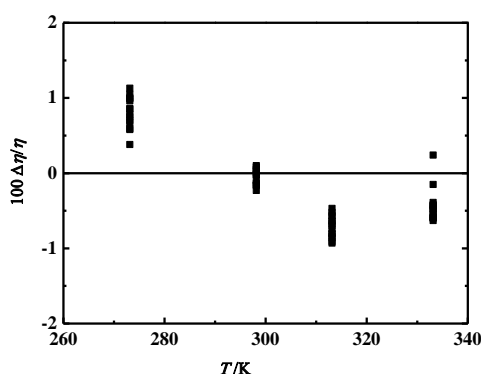


图 3 甲苯粘度实验数据与文献值的偏差

用户及培训

公司的用户群主要面向各高校和科研院所，我们的主要用户有：

- 中国石油天然气股份有限公司克拉玛依润滑油厂
- 中国科学院工程热物理研究所
- 中国石油兰州石油化工公司研究院
- 中国石化润滑油重庆分公司
- Honeywell（中国）有限公司特殊材料部
- 解放军总后勤油料研究所
- 航天四院 43 所
- 航天五院 504 所
- 北京大学
- 哈尔滨工业大学
- 浙江大学
- 西安交通大学
- 中山大学
- 大连理工大学

我公司为用户提供以下技术支持：

专业知识： 我公司主要科研人员在热物性测试研究方面有多年的专业研究经验，用户在产品使用过程中有任何技术疑难，可随时联系我们，我们将为您一一解答。

测试服务： 我公司还为用户提供导热系数、粘度、温度、压力、密度、比热、饱和蒸气压和临界参数等多种热物性测试服务。

解决方案： 针对用户的实际问题和需求，可由我们的工程师协助用户提供整体的解决方案，帮助您节约成本，创造更多经济效益。

使用培训： 我公司对用户提供专业培训，使购方操作人员掌握设备的工作原理、操作规程以及维护、保养方法。

XIATECH

西安夏溪电子科技有限公司

若需要了解更多信息，请联系我们

www.xiatech.com.cn

电话：400-651-9990

传真：029-88135429

邮箱：info@xiatech.com.cn