

BROOKFIELD AMETEK

DV1 粘度计

操作手册

手册编号: **M14-023-0416**

说明: 请以英文操作手册为准, 中文版本仅供参考。



目 录

I. 简介	4
I.1 仪器组件	5
I.2 规格	5
I.3 仪器组件和尺寸	6
I.4 技术指标	7
I.5 安装方法	8
I.6 安全标志和警告	9
I.7 控制面板介绍	10
I.8 仪器保养和清洁	10
II. 入门指南	11
II.1 接通电源	11
II.2 自动调零	11
II.3 仪器导向按钮	11
II.4 主屏幕	12
II.5 转子选择	12
II.6 转速选择	14
II.7 测量范围	15
II.8 显示分辨率	16
II.9 选项	16
II.9.1 运行直至	16
II.9.2 测试界面	18
II.9.3 粘度单位	18
II.9.4 温度单位	19
II.9.5 温度补偿	19
II.9.6 语言	19
II.9.7 连接	19
II.9.8 重置	19
II.9.9 关于	20
II.9.10 服务	20
II.10 打印	20
III. 粘度测量	22
III.1 快速入门	22
III.2 测试前的准备	22
III.3 选择转子/转速	23
III.4 运行测试	23
III.5 连接 Wingather SQ 软件	24

附录 A 安装锥板型粘度计设置	26
附录 B 粘度范围	31
附录 C 粘度测量的变量	35
附录 D 转子代码和 SMC/SRC 值	37
附录 E 转子代码和粘度范围	40
附录 F 校准程序	42
附录 G Brookfield AMETEK 护腿	47
附录 H 实验室支架	49
附录 I DVE-50A 探针夹	51
附录 J 故障诊断和排除	52
附录 K 在线帮助和额外资源	53
附录 L 保修和售后服务	54
粘度测试报告	

I. 简介

自 1981 年推出以来，Brookfield DV1 粘度计系列为广大粘度计用户提供了卓越的粘度测量。Brookfield 一直不断地改进和完善 DV1，使其保持着 Q/C 应用中最有价值仪器的市场地位。Brookfield DV1 粘度计在继续保持创新、优质和高性价比传统的同时，全新的用户界面集合了大图形显示屏和“热键”，可单一转速采集数据（或使用 Wingather SQ 软件进行多转速控制），使得 DV1 的操作更加便捷。

Brookfield DV1 粘度计测量流体粘度，即测量流体流动时的阻力。粘度科学在博勒飞出版的《More Solutions to Sticky Problems》一书中有详细阐述(随 DV1 粘度计附赠)。

DV1 的工作原理是通过一个标准化弹簧驱动一个转子（转子浸没于测试的流体中）。流体的粘滞阻力对转子的作用力通过弹簧的形变来测量。而弹簧的形变程度通过一个旋转传感器来测量。整个测试期间，该系统提供连续感应和测量显示。DV1 的测量范围（单位为厘泊或毫帕斯卡·秒）由转子的旋转速度、转子的尺寸形状、所使用的样品容器以及标准化弹簧满量程的扭矩决定。

Brookfield提供四种装配有不同形变扭力系数弹簧的基本型号可供选择：

型号	弹簧扭矩	
	dyne·cm	milliNewton·m
DV1MLV	673.7	0.0673
DV1MRV	7,187.0	0.7187
DV1MHA	14,374.0	1.4374
DV1MHB	57,496.0	5.7496

扭矩标定的数值越大，则测量的范围也越大。详细的粘度测量范围，请参阅附录B。

DV1可选配温度探针，可读取的温度范围为-100°C 到 +300°C (-148°F 到 +572°F)，用于在粘度测试过程中确定粘度测试时的环境温度或测试样品的温度。如果您想了解更多关于温度探针的信息，请联系Brookfield或您当地的代理商。

所显示的数值会因所选择的的测量单位（CGS 或 SI）而异：

1. DV1粘度计显示的粘度单位为厘泊(cP)、毫帕斯卡秒(mPa·s)、泊(P)，或帕斯卡秒(Pa·s)。
2. DV1粘度计显示的扭矩单位为达因-厘米或牛顿-米（在这两种情况下都显示为百分比“%”）。
- ④ 3. DV1 粘度计显示的温度单位为摄氏度（C）或华氏度（F）。

这项应用是在DV1使用选配的温度探针的条件下有效。在本手册中④这个符号表示DV1使用温度探针的情况。

不同单位换算关系：

	国际单位 SI	=	CGS 常用单位
粘度:	1 mPa·s	=	1 cP
扭矩:	1 Newton·m	=	10 ⁷ dyne·cm

本手册里所用的单位都是 CGS 制单位。DV1 粘度计显示屏可以显示相应的 SI 制单位。

I.1 仪器组件

组件名称	零件编号	数量
DV1	根据订单而定	1
G 型支架	MODEL G	1
箱中配备的转子*	根据机型而定	1
DV1MLV 配 4 个转子 (#61 - #64)	SSL or SSLK†	或
DV1MRV 配 6 个转子 (#2 - #7)	SSR or SSRK†	或
DV1MHA / HB 配 6 个转子 (#2 - #7)	SSH or SSHK†	
运输保护帽*	B-30-3Y	1
电源线 (115V/ 230V)	DVP-65/66	1
护腿* (HA/HB 机型不配置)	根据机型而定	1
DV1MLV	B-20Y or B20KY†	
DV1MRV	B-21Y or B21KY†	
手提箱	DVE-106	1
操作手册	M14-023	1
锥/板型粘度计:		
转子扳手	CP-23	1
锥形转子	CPA-XXZ	1
样品杯	根据情况而定	1
标准	CPA-44YZ	
 带内嵌式的温度探头和数据线	CPA-44PYZ	
这项应用是在DV1使用选配的温度探针的条件下有效。在本手册中  这个符号表示DV1使用温度探针的情况。		
可选部件		
RTD 温度探针	DVP-94Y	1
探针夹	DVE-50A	1
锥/板机型选用的 RTD 温度探头	SC4-61Y	1

*在锥/板型粘度计中不配置

† “K” 在零件编号中表示 EZ-Lock 转子

请您仔细检查你收到的货物是否包括了以上所有的项目，以及这些物品有没有损坏。如果缺少某些部件，请尽快联系 Brookfield 博勒飞公司或仪器代理商。因为所有因货运途中造成的仪器破损，我们都要向货运公司报告。

I.2 规格

输入电压: 115V 或 230V 交流电压 (订购时请注明您所使用的电压值)
 频率: 50/60Hz
 能量消耗: 50 VA

电源线颜色编码:
 火线: 棕色
 中线: 蓝色
 地线: 绿色/黄色

I.3 仪器组件和尺寸

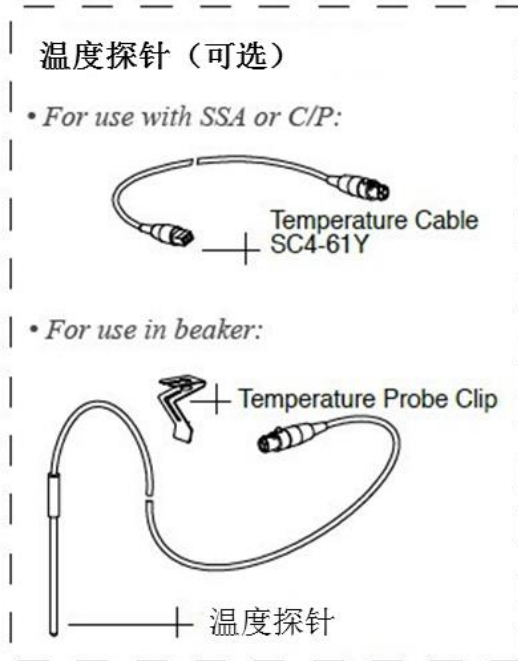
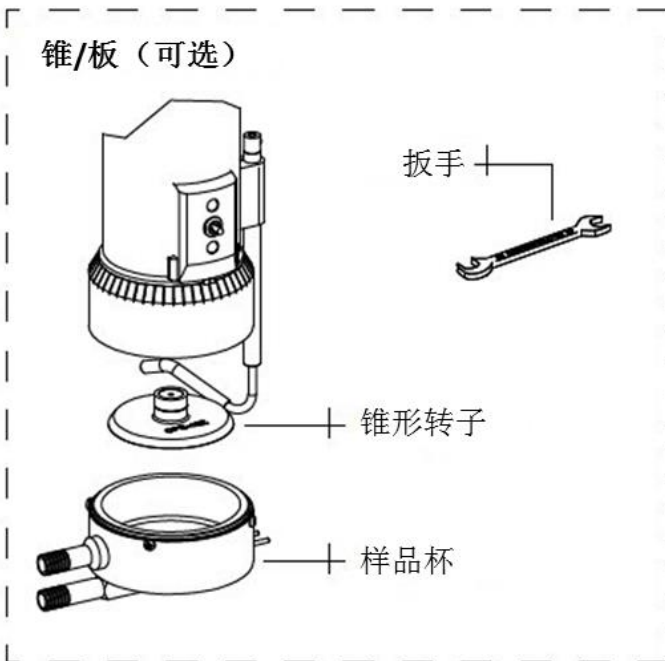
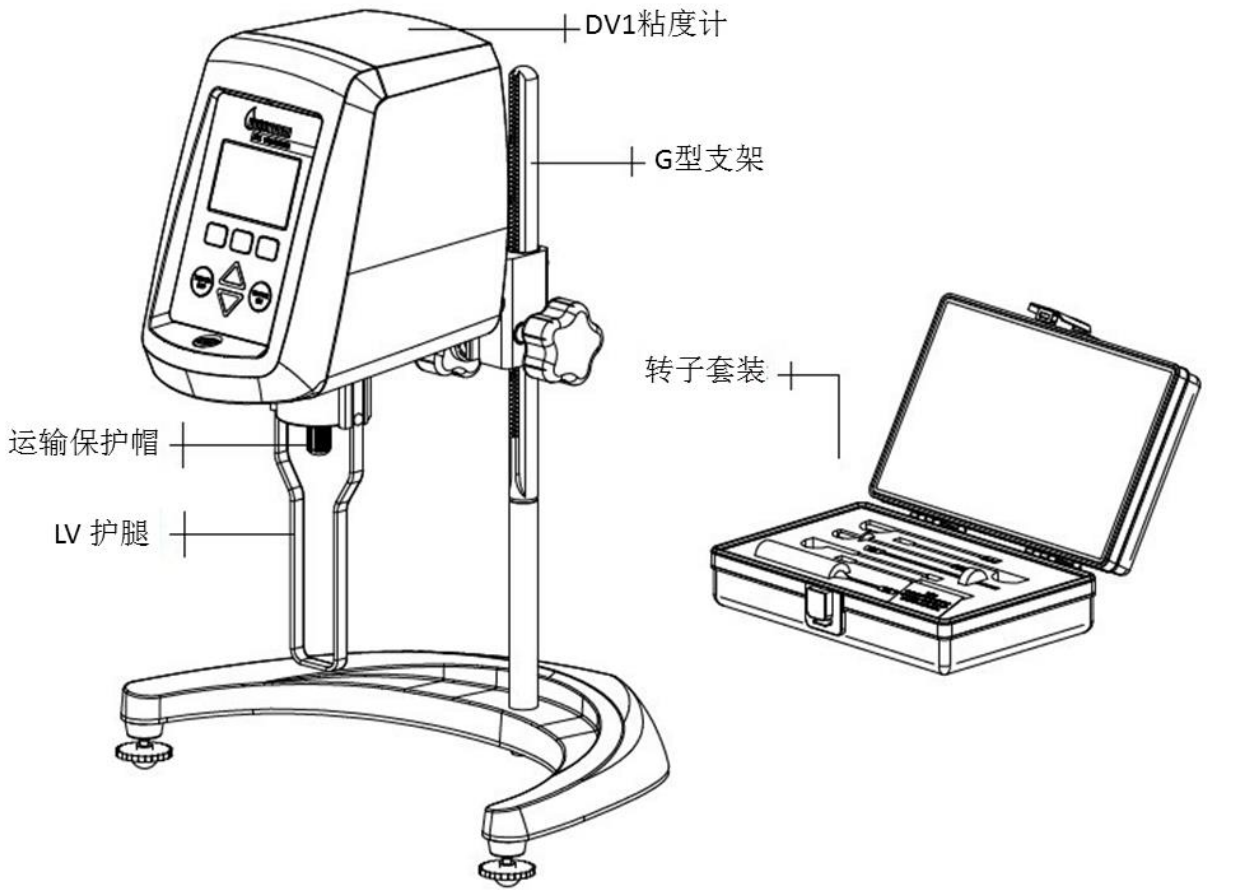


图 I-1

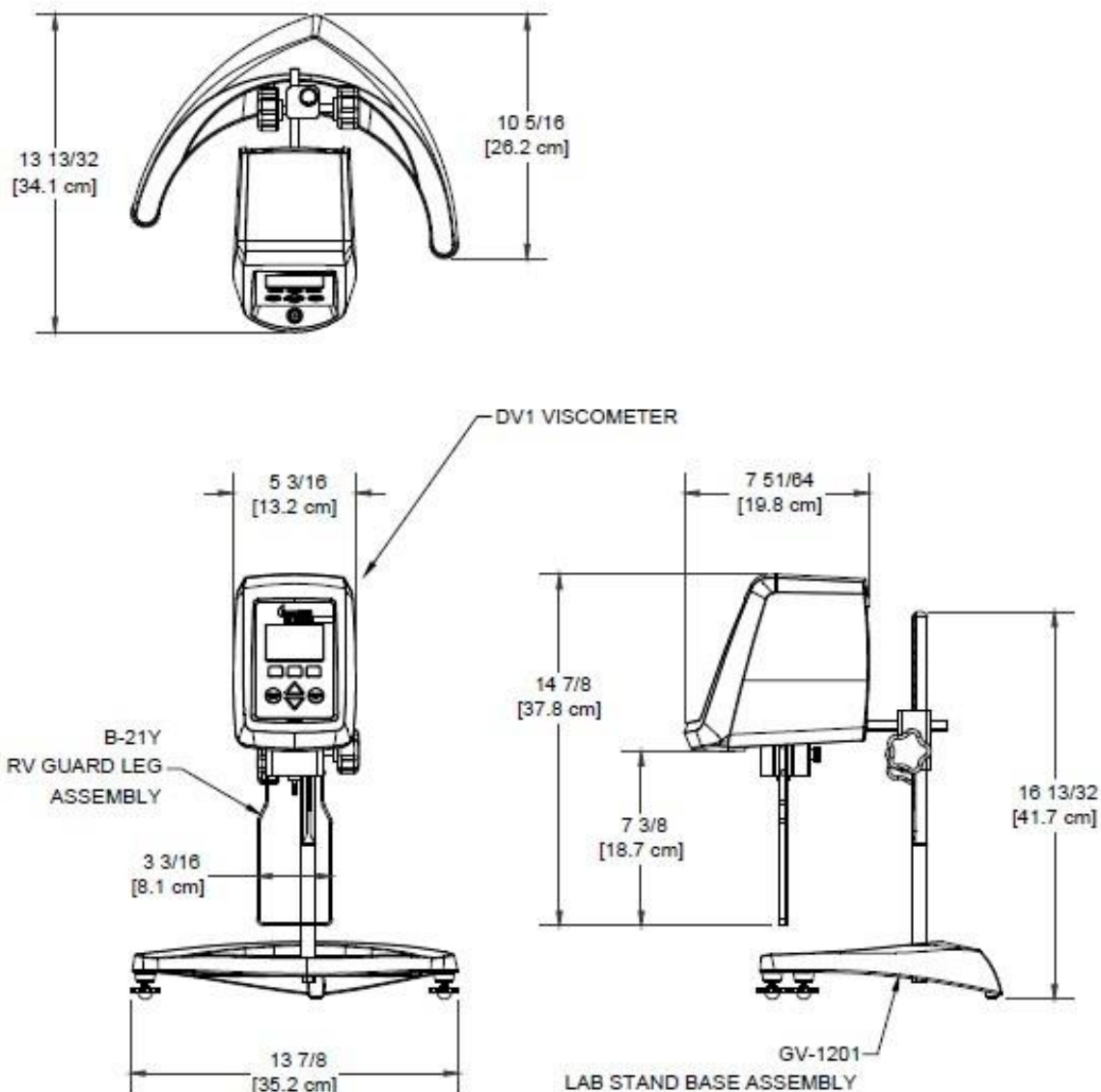


图 I-2

I.4 技术指标

转速:	0.0, 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, 60,
(rpm)	0.5, 1, 2, 2.5, 4, 5, 10, 20, 50, 100
重量: 毛重	20 lb 9 kg
净重	17 lb 7.7 kg
纸箱体积	1.65 cu ft 0.05 m ³
操作环境: 温度范围	0°C - 40°C (32°F - 104°F)
	20% - 80%R.H (相对湿度): 非凝结气氛
粘度测量精度:	满量程的±1.0% (粘度范围计算, 请参阅附录 D)
粘度重现性:	满量程的±0.2%
① 温度感应范围:	-100°C - +300°C (-148°F - 572°F)
① 温度精度:	±1°C: -100°C - +149°C; ±2°C: +150°C - +300°C

电气认证

符合 CE 标准:

BSEN 61326: 用于测试, 控制管理和实验室使用的电气设备-EMC 要求。

BSEN 61010-1: 用于测试, 控制管理和实验室使用的电气设备的安全要求。
 空气中的噪音排放量不超过 70 分贝。

注意:



这个标志表示这个产品可在回收站点回收。
 欧盟以外的用户: 请遵循当地的法律处理该产品。

1.5 安装方法

注意: DV1 粘度计简要的安装、操作及性能验证指南 (“IQ, OQ, PQ”) 可以在我们的网站 www.brookfieldengineering.com 上进行下载。更多的 IQ,OQ,PQ 程序可以向博勒飞购买。

1. 装配 G 型支架 (参见装配指南附件 H)
2. 将粘度计装在支架上。
- U** 3. 将 RTD 温度探针连接到 DV1 后面板上的插口里。
4. 粘度计必须水平放置。用底座上的两个水平螺丝进行水平调整, 使 DV1 前方的气泡水平仪居于圆内。

注意: 使用过程中须定期做水平检查。

5. 取下粘度计上保护连接螺母的运输保护帽。对于锥/板型粘度计, 握住样品杯同时旋转拉杆使其和底座分离。降低样品杯并去除里面的泡沫。(保证运输安全)
6. 可选: 贴上仪器包装中的屏幕保护膜 (见附录 J)。其他安装帮助, 您可以在 Brookfield 的 YouTube 频道: www.youtube.com/user/BrookfieldEng 查阅。
7. 确保 DV1 后背面板的 AC 电源开关处于关闭状态。将电源线连接到仪器背后的接口处, 并接入到合适的 AC 电源。对于锥/板型粘度计, 保证用于激活电子间歇功能的电子间歇调节装置处于靠左的位置。(面对粘度计的左侧)



注意: 所用的交流电输入电压和频率一定要在粘度计铭牌上指定的范围内。



注意: DV1 必须接地, 以保证用电故障时仪器的安全!

8. 开启电源开关, 粘度计自动调零之前将仪器预热 10 分钟。
9. 对于锥/板型粘度计, 参考附录 A。
10. 如果有需要, 使用 USB 数据线(DVP-202)来将 DV1 和 PC 或可选购的 Dymo 450 标签

式打印机连接。(如下图，USB B 端口对应 PC；USB A 端口对应 Dymo 450 标签式打印机)

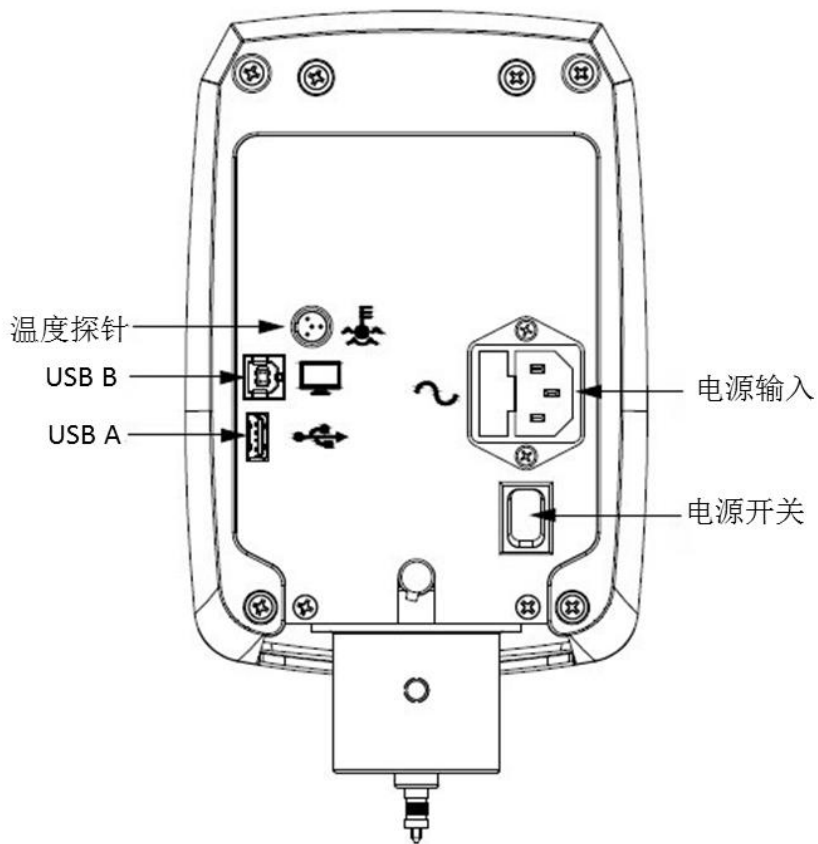


图 I-3

I.6 安全标志和警告

安全标志

以下是一些在操作说明里可以看到的安全标志的解释。



表明可能会出现危险电压。



手册中出现的特定警告或警告信息，以避免人身伤害或仪器损坏。

警告标志



如果不按照厂商指定的方法使用仪器可能会损坏为仪器提供的保护。



这个仪器不适用于有潜在危险的环境。



在紧急情况下，关闭仪器，然后将电线从电源插座断开。



用户应该确保被检测物质在检测温度条件下不会释放有毒或可燃气体的。

1.7 控制面板介绍

图 I-4 展示了 DV1 粘度计面板上的控制按键。



热键

三个热键位于显示屏幕的下方。热键所执行的功能会在屏幕上显示。随着屏幕界面的切换，三个热键的功能也会有不同。

BACK 返回：返回到前一界面

SELECT 选择：确定输入/选取的参数

HOME 主屏幕：返回主屏幕界面

SPINDLE 转子：进入转子选择界面

SPEED 速度：进入转速选择界面

OPTIONS 选项：进入选项界面

PRINT 打印：打印测试数据

NEXT 下一页：进入下一页界面



停止

这个按钮用于停止粘度计运行，转子停止旋转，并停止当前测试。



运行

这个按钮用于启动粘度计，转子开始旋转，并运行当前测试。



上箭头

这个按钮用于向上滚动显示（向数值增大的方向）可选的转速或转子列表。



下箭头

这个按钮用于向下滚动显示（向数值减小的方向）可选的转速或转子列表。

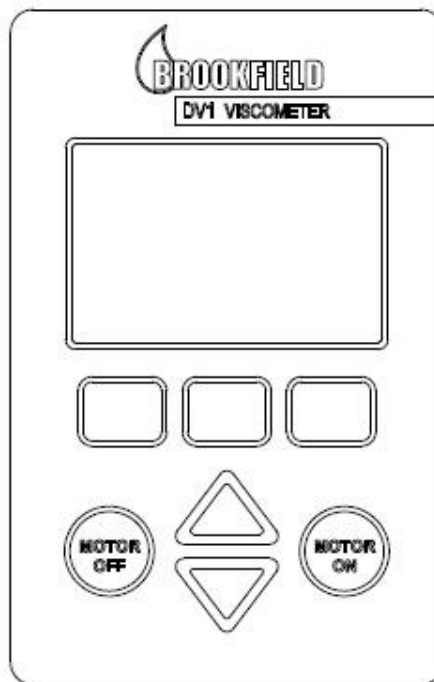


图 I-4

1.8 仪器保养和清洁



确保仪器在一个清洁干燥的工作环境（无尘、适宜温度、低湿度等）。



确保仪器为水平状态。



操作仪器的手/手指必须干净，且没有样品的残留。如果不这么做，可能会导致转轴上半部分有沉积，在轴和转轴罩杯之间产生干扰。



清洁仪器前先将转子取下。注意左旋螺纹。如果转子在仪器上时就进行清洁可能导致仪器的严重损坏。

仪器、按键面板和显示屏：用干燥、柔软的布清洁。不要用溶剂或清洁剂。仪器罩由聚碳酸酯 ABS 制成。用中性肥皂和水清洁，不要使用溶剂。

浸没部件：转子和护腿由不锈钢制备而成。用柔软的布和适用于样品材料的溶剂清洁。



清洁时请勿用力过度，以免导致转子弯折。

II. 入门指南

II.1 接通电源

当打开电源，DV1 将经历一个通电过程：粘度计出现蓝色荧光屏约 4s，然后显示 5 秒钟的 DV1 简介。DV1 简介的显示如下，包含了粘度计的几个关键参数：粘度计扭矩(LV、RV、HA、HB 等)、仪器固件版本号。



图 II-1

DV1简介界面也可以通过选项菜单查看（见章节II.8）。

DV1粘度计会自动从简介界面跳转到自动调零界面。

提示：当您联系博勒飞或经销商寻求技术支持和维修服务时，请将仪器简介界面的信息及仪器的序列号（可以在仪器主机背面的标签上找到）附在您的邮件中。

II.2 自动调零

DV1 粘度计在进行粘度测试前必须进行自动调零。这个过程设置了测量体系的起点读数。仪器每次开启后都会进行自动调零。但不必每次测试前都进行自动调零。

仪器的操作者必须确保粘度计水平（参阅I.5章节），并且卸下所有的转子和连接头。DV1 屏幕会提示取下转子。当按下Next按键（参阅II.3章节），仪器立即开始自动调零。自动调零完成之后，粘度计会提示重新连接转子。操作人员必须按NEXT进入主屏幕。

提示：为了确保零位值准确，在进行自动调零的过程中请不要触碰粘度计。

提示：自动调零是设置粘度计测量范围的零点。粘度计非水平放置或带着转子调零会对零位值和所有的测试结果产生影响。

II.3 仪器导向按钮

DV1粘度计使用3英寸的单色显示屏和按键控制。所有的用户输入均通过按键操作。关于按键功能的介绍，请参阅I.7章节。

导向菜单通过DV1粘度计上的热键实现。三个热键位于粘度计显示屏的下方。每个热键的功能会显示在屏幕的下方，并根据屏幕当前界面的变化而改变。热键的功能包括：

NEXT 下一页：进入下一页界面

BACK 返回：返回到前一界面。

HOME 主屏幕：返回主屏幕界面。

SPINDLE 转子：进入转子选择界面。

SPEED 速度：进入转速选择界面。

SELECT 选择：确定当前的显示条件。也可以确认进入下一个界面。

PRINT 打印：打印当前的显示数据。

II.4 主屏幕

在DV1粘度计自动调零以及按下热键HOME（主屏幕）的时候，DV1会显示主屏幕。根据操作人员的选择，主屏幕会显示参数包括：粘度测量值、温度、%扭矩值、仪器状态、转子和转速。主屏幕上可选的热键包括：转子、选项、转速。

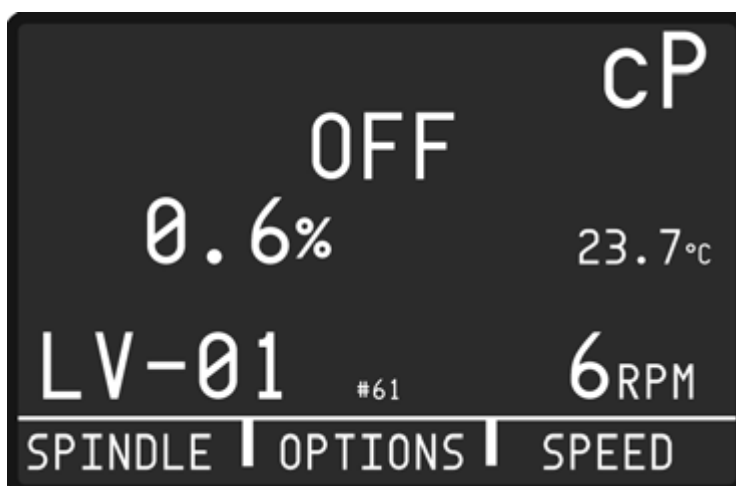
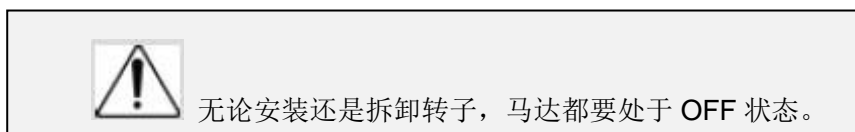


图 II-2

II.5 转子选择

DV1LV 粘度计提供一套 4 根转子和一个窄护腿；DV1RV 粘度计提供一套 6 根转子和一个较宽的护腿；DV1HA 和 DV1HB 粘度计提供一套 6 根转子，**不配置护腿**（关于护腿的详细信息，请参阅附录 F）。

转子通过螺丝接合连接到粘度计上（见图 II-3）。注意转子为左旋螺纹。注意保护连接头下轴，当转子连接的时候，用一只手将连接头轻轻抬升。转子螺母和匹配的连接头下轴的表面必须光滑和洁净以防止转子的偏转。转子连接螺母的一面可以看到转子的编码。



如果您的仪器配备有 EZ-Lock 转子系统，转子的安装按照以下步骤：

一只手拿着转子，同时另一只手轻轻向上滑动有弹簧顶住的外套管到最高位置，如图 II-4 所示。插入 EZ-Lock 转子连接系统，使连接头的底部和轴的底部平齐，滑下套管。套管应该可以轻松滑下，固定转子/连接头后就可以了。（转子可通过产品编码识别，编码在 EZ-Lock 转子连接头上可见。）

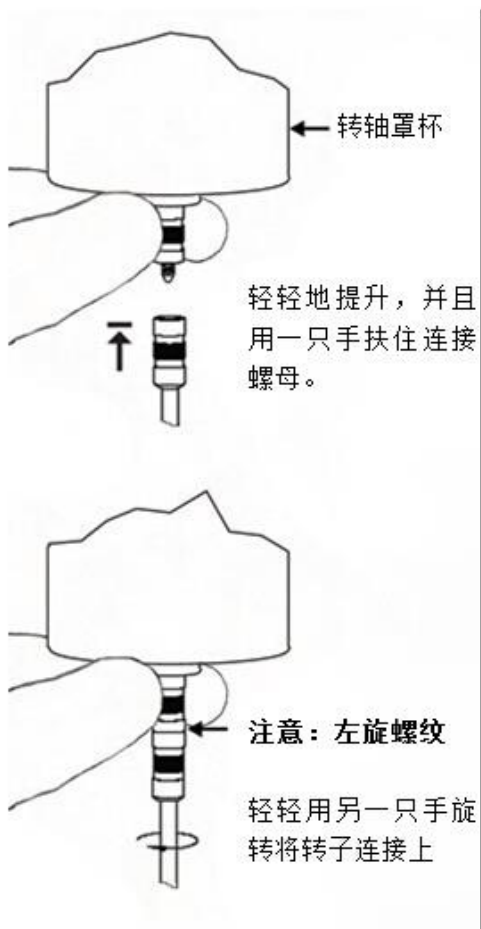


图 II-3

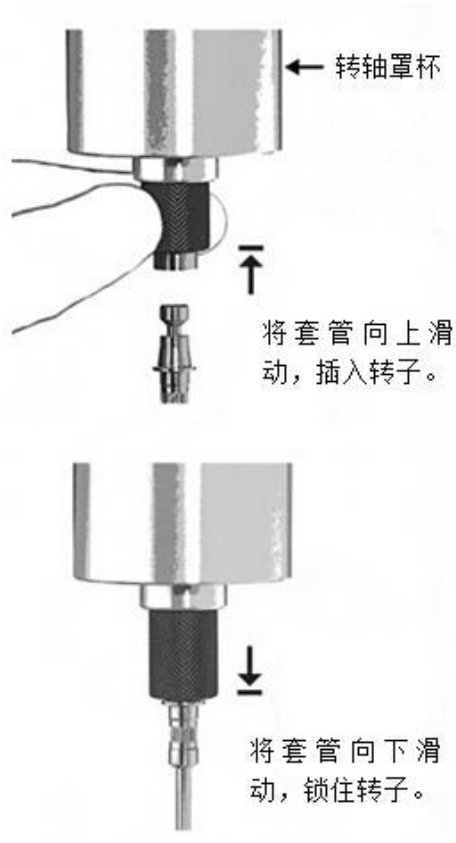


图 II-4



无论安装还是拆卸转子，马达都要处于 OFF 状态。

注意：EZ-Lock 转子连接头和套管尽可能保持清洁，转接器内侧不得有碎屑存在。

DV1 要求输入转子编码来计算粘度值。每个转子的两位数代码可以在附录 D 中查询。

按下主屏幕上 SPINDLE（转子）热键可进入转子设置界面（图 II-5）。

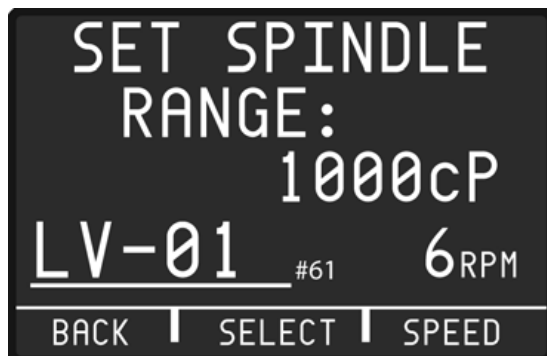


图 II-5

按下上/下箭头滚动显示可选择的转子列表。当屏幕上显示需要的转子代码时，按下 **SELECT**（选择）热键。屏幕会返回到主屏幕。

转子设置界面会显示当前选择的转速和粘度的满量程（FSR）。FSR 表示在当前选定的转子和转速组合条件下能测量得到的最大粘度值。当转子的代码变化，FSR 也会随着条件的改变而发生变化。每个转子/转速组合都有对应唯一的满量程 FSR。

提示：测量的最小粘度值是满量程 FSR 的 10%。

提示：满量程 FSR 的值和 AutoRange 的值（见早期 DV-I 系列粘度计）一样。

提示：粘度计测量的精度是满量程 FSR 的 1%。

转子设置界面包含三个热键：

BACK 返回：不改变转子选择，并返回到主屏幕。

SELECT 选择：确认转子选择，并返回到主屏幕。

SPEED 转速：确认转子选择，转到转速设置界面。

II.6 转速选择

表 II-1 为可适用的转速选择：


DV1 SPEEDS SETS	
 When scrolling "UP"	100
	50
	20
	10
	5.0
	4.0
	2.5
	2.0
	1.0
	0.5
	0.0
	60
	30
	12
6.0	
3.0	
1.5	
0.6	
0.3	
Beginning	0.0

表 II-1

注意： DV1 粘度计的转速符合 Brookfield 表盘式粘度计的传统转速排列。0.3-60 RPM 的转速可在传统的 LVT 表盘粘度计上找到。而 0.5-100 RPM 的转速则可在 RVT、HAT 和 HBT 粘度计上找到。

按下主屏幕上的 SPEED 热键可进入转速设置界面：



图 II-6

按下上/下箭头键可以滚动显示可选的转速列表。当屏幕上显示需要的转速时，按下 **SELECT**（选择）热键。显示屏会返回到主屏幕。

提示：转速是根据传统 LV 和 RV 粘度计顺序设置。

提示：当设置一个测试程序，需要注意测试得到的数据是否需要和其他粘度计进行比较。如果需要数据比较，最好使用相同扭矩机型传统的转速进行测试。这样可以保证测试方法的可重复性。

转速设置界面会显示当前选择的转子和粘度的满量程（FSR）。FSR 表示在当前选定的转子和转速组合条件下能测量得到的最大粘度值。当转速变化，满量程 FSR 也会随着条件的改变而发生变化。每个转子/转速组合都有对应唯一的满量程 FSR。

提示：测量的最小粘度值是满量程 FSR 的 10%。

提示：满量程 FSR 的值和 AutoRange 的值（见早期 DV-I 系列粘度计）一样。

提示：粘度计测量的精度是满量程 FSR 的 1%。

转速设置界面包含三个热键：

BACK 返回：不改变转速选择，并返回到主屏幕。

SELECT 选择：确认转速选择，并返回到主屏幕。

SPEED 转速：确认转速选择，并转到转子设置界面。

II.7 测量范围

满量程范围（FSR）是在确定扭矩类型的 DV1 粘度计上，根据转子/转速组合计算出来的最大粘度测量值。这个值表示当仪器的%扭矩读数为 100 时所测试的粘度值。在转子和转速选择的时候屏幕上会显示 FSR。FSR 会随着转速或转子的选择变化而变化，将以粘度单位显示——用户可以在选项菜单中选择（请参阅 II.8 章节）。

Brookfield 推荐仪器的扭矩值在 10—100%之间时采集数据。FSR 表示能测试的最大值（扭矩为 100%）。可测的最小粘度值是 FSR 的 10%（等同于 10%扭矩值）。

Brookfield 粘度计的精度是仪器满量程的 1%。当使用标准 LV（#61-64）和 RV（#2-7）转子时，仪器的精度为满量程 FSR 的 $\pm 1\%$ （见 I.4 章节）。

II.8 显示分辨率

DV1 粘度计提供宽范围的粘度测量。所显示的数据将呈现一个特定的分辨率，这取决于数据的大小。这个分辨率与 Brookfield 粘度计所规定的精度一致。下表显示了 DV1 粘度计使用的粘度显示分辨率。

Viscosity Precision											
							X	.	X	X	0.00 to 9.99
						X	X	.	X	X	10.00 to 99.99
				X	X	X	.	X			100.0 to 999.9
			X	X	X	X					1000 to 9999
			X	X	X	X	0				10000 to 99990
			X	X	X	X	0	0			100000 to 999900
			X	X	X	X	0	0	0		1000000 to 9999000
			X	X	X	X	0	0	0	0	10000000 to 99990000
		X	X	X	X	0	0	0	0	0	100000000 to 999900000
	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	1000000000 to 9999000000
X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	10000000000 to 99990000000

II.9 选项

在主屏幕按下 **OPTIONS** 选项按钮进入选项菜单。使用箭头按键在以下功能选择：

- **RUN UNTIL** 运行直至：设置测试的结束条件：时间、扭矩或温度。
- **SERVICE** 服务：用户无权限进入。
- **ABOUT** 关于：显示粘度计的扭矩类型和固件版本号。
- **LANGUAGE** 语言：选择显示的语言。
- **TMP. OFFSET** 温度补偿：设置 DVP-94Y 温度探针（可选）的补偿值。
- **TEMP. UNITS** 温度单位：设置温度单位。
- **VISC. UNITS** 粘度单位：设置粘度测试的单位。
- **TEST VIEW** 测试界面：设置基本显示参数和数据显示的格式。

II.9.1 运行直至

DV1 粘度计为粘度测试提供一个粘度测试的结束条件。到达结束条件时，转子会停止转动，最终的数据点将显示在屏幕上。DV1 当前的结束条件可以在选项菜单的 **RUN UNTIL**（运行直至）中选择。结束条件和参数值一同显示在屏幕上。结束条件可有以下选择：

结束条件	显示名称	参数	范围
Time	Time	Hours : Minutes : Seconds	00 hours : 00 minutes : 00 seconds to 99 hours : 99 minutes : 59 seconds
Torque	Torq.	% Torque	0 - 100
Temperature	Temp.	Degrees and Tolerance	-100° - 300°C +/-5.0°C

在“运行直至”界面按下 **SELECT** 选择热键，当前选定的“运行直至”的结束条件名称会以下划线突出显示。使用箭头按键可改变 **End Condition** 结束条件的选择。三个可选热键：

- BACK** 返回：退出 Run Until Option 运行直至界面，并返回选项菜单。
- SELECT** 选择：确认当前下划线显示的结束条件，并进入“运行直至”参数的输入界面。
- HOME** 主屏幕：返回到主屏幕。

“运行直至”手动设置 DV1 运行，直到电机关闭键被按下。无参数设置。该计时器将计数的最大值为 9999 小时：99 分钟：59 秒。如果测试的时间超过了最大值，计时器将回滚到零。

提示：一定要选择一个时间值，可提供足够的时间允许扭矩传感器的平衡。一个短的时间值可能会由于扭矩传感器没有达到测量条件的稳定偏转而导致错误的结果。Brookfield 公司推荐了一个 20 秒的最小时间值。然而，用户通过观察扭矩稳定的判断，这个时间可以减少。

提示：缓慢的速度需要较长时间来测量传感器的平衡。当使用转速值小于 5RPM 时，建议考虑 60 秒或更长的时间值。

Run Until Time 要求选定时间值。时间输入按照小时（00 到 99）：分钟（00 到 99）：秒数（00 到 59）的格式。使用箭头按键调整每个参数。使用“SELECT 选择”或“BACK 返回”热键在小时/分钟/秒数之间切换。在秒数显示时，按下热键 SELECT 可确认所设的时间值。

提示：请确保所选择的时间值可以提供足够的时间让扭矩传感器达到稳定状态。短的时间值，可能出现会扭矩传感器未达到稳定扭转的测量条件而导致读数错误。Brookfield 推荐最小的测试时间值为 20s。但是，这个时间可以通过观察扭矩的稳定情况，再基于用户的判断来减少误差。

提示：在慢转速下，测量传感器的平衡需要更长的时间。当使用小于 5 RPM 的转速，推荐的时间值为 60s 或更长。

DV1 粘度计可以选择无限长的时间值作为结束条件，设置时间为零，即 00 小时：00 分钟：00 秒。在这种条件下，测试将持续进行直至操作人员按下“Motor Off”停止按钮。

Run Until Torq. 要求选定%扭矩值。使用箭头按键对%扭矩进行调整。在确定%扭矩时，测量的粘度（基于选择的转子和转速）也会显示。按下“SELECT”选择热键确认选择的扭矩值。Brookfield 推荐在扭矩 10—100%之间采集数据。在扭矩值小于 10%的条件下采集数据，不保证能符合仪器的精度（参阅 I.4 章节）。

提示：当在高转速下测量低粘度材料，在测试开始时扭矩可能会出现较大摆动。扭矩这样的摆动可能会导致扭矩达到 Torq.结束条件，引起测试过早停止。

Run Until Temp. 要求选定温度值和公差值。温度单位可以根据用户的要求定为 C 或 F（参阅 II.8 章节）。使用箭头按键调整温度和公差。SELECT 热键用于从温度到公差的切换，以及最终确认输入值。BACK 热键可用于从公差到温度的切换。

公差值提供了测试方法的灵活性。DV1 粘度计的温度测试系统使用的是 Brookfield DVP-94Y 温度探针，温度探针的测量范围在-100 到 150°C，精度在±1.0°C。精度值可以导致在测试/显示温度和 Run Until Temp. 结束条件设置的温度值不同等。例如，如果温度探针置于 50°C 水浴，当水浴处于热平衡时 DV1 粘度计可能显示 49.5°C。由于温度测量的精度为±1.0°C，这个测试的结果是准确的。但是，如果 Run Until Temp. 结束条件设置为 50.0°C，那么测试条件将永远无法达到。公差值则允许仪器当测试温度在设置点的公差范围内时，即视为达到了结束条件。例如，温度结束条件设置为 50.0°C，公差值为±1.0°C，当测试温度达到 49.0°C 时，即视为达到了结束条件，测试会停止。

提示：Brookfield 推荐每次用 Run Until Temp. 为结束条件时，将公差值设为 0.2°C 或更高。

II.9.2 测试界面

DV1 粘度计为用户提供了两种主屏幕的控制界面。TEST VIEW 测试界面设置例子如下：

1. 用户选择显示在屏幕第一行的参数（主要参数）。这个值会以最大字体显示。主要参数可以设置为以下任意一种：粘度、时间、温度和扭矩。其他参数会以小一点的字体显示在屏幕的第二行和第三行。
2. 用户可以选择其他参数显示的模式：静态显示或动态显示。

静态显示是将所有的参数同时显示在屏幕的前三行。图 II-7 是一个过程中显示倒数时间到 00:00:00 的测试例子。

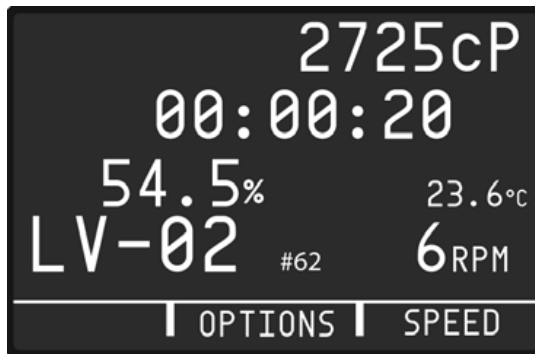


图 II-7

动态显示是主要参数显示在屏幕的第一行，而其他参数会连续在屏幕第二行逐个动态显示。每个参数会在第二行显示 2 秒钟的时间。图 II-8 展示的是一个测试过程界面，第二行当前显示的是时间，接着%扭矩和温度会随后逐个显示。

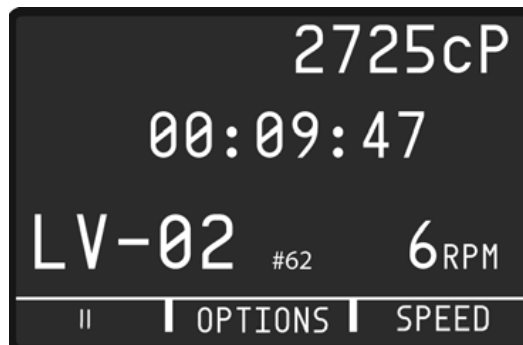


图 II-8

II.9.3 粘度单位

显示的粘度单位可以根据下表设置。

单位缩写	单位	换算等式
cP	Centipoise	100 cP = 1 P = 100 mPAS = 0.1 PAS
PAS	Pascal Second	1 PAS = 1000 mPAS = 1000 cP = 10 P
mPAS	Millipascal Second	1 mPAS = 1 cP = 0.01 P = 0.001 PAS
P	Poise	1 P = 100 cP = 100 mPAS = 0.1 PAS

在选项菜单中的粘度单位屏幕显示当前的粘度单位。出厂默认的粘度单位是 **cP**。要改变粘度单位，按下 **SELECT** 热键，并用箭头键选择想要显示的单位。按下 **SELECT** 热键确认修改。按下 **BACK** 或 **HOME** 热键取消修改。

II.9.4 温度单位

温度单位显示可以选择摄氏 **C** 或华氏 **F**。在选项菜单中的温度单位屏幕显示当前的温度单位。出厂默认温度单位为 **C**。要改变温度单位，按下 **SELECT** 热键，并用箭头键选择想要显示的单位。按下 **SELECT** 热键确认修改。按下 **BACK** 或 **HOME** 热键取消修改。

II.9.5 温度补偿

DV1 粘度计支持对温度测试的温度探针 **DVP-94Y** 使用温度补偿。**Brookfield DVP-94Y** 温度探针在 $-100\sim 149.9^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的精度为 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ；在 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的精度为 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。补偿可以输入到 DV1 粘度计中，以调整温度读数与第三方的温度测量设备相符。这个补偿可以设置的范围为： $-5.0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 或 $-9.0\sim 9.0^{\circ}\text{F}$ 。

提示：温度补偿的确定需要使用第三方校准过的温度探针。确保 **DVP-94Y Brookfield** 温度探针和第三方的温度探针之间达到一个合适的热平衡。

在选项菜单中的温度补偿屏幕显示当前的补偿值。出厂默认设置为 0.0°C 。要改变温度补偿值，按下 **SELECT** 热键，并用箭头键选择想要显示的单位。按下 **SELECT** 热键确认修改。按下 **BACK** 或 **HOME** 热键取消修改。

II.9.6 语言

DV1 粘度计支持多种语言显示。可选语言包括：中文、英语、法语、德语、日语、葡萄牙语、西班牙语和俄语。在选项菜单中的语言屏幕显示当前选择的语言。要选择一种新语言，按下 **SELECT** 热键，并用箭头键选择想要显示语言。按下 **SELECT** 热键确认语言选择。界面会返回到选项菜单并以刚选择的语言显示。

注意：不管选择何种语言，打印将永远显示为英语。

II.9.7 连接

DV1 粘度计提供 **USB A**（打印机）和 **USB B**（电脑）两个连接端口。当尝试连接打印机或连接 **Brookfield Wingather SQ** 软件，可以使用这个功能排查性能问题。

在选项菜单中的连接界面会显示提示检查电缆连接，作为故障排除的第一步。一旦按下 **SELECT** 热键，DV1 会花几分钟重置端口，一个信息会显示表明连接成功。按下 **HOME** 热键返回主屏幕。

II.9.8 重置

重置功能可以将用户的所有参数（除了转子和转速）恢复到出厂设置。在选项菜单中可以进入重置界面，按下 **SELECT** 热键可激活重置功能。重置结束之后，屏幕会回到关于选项界面

(参阅 II.8.9 章节)。

提示：重置功能不可撤销。

II.9.9 关于

在开机屏幕上显示的关于界面信息包含：粘度计机型、粘度计类型（LV，RV，HA，HB 或其他）、粘度计操作系统的固件版本号。

提示：如需联系 Brookfield 寻求服务/技术支持，请告知“关于”界面的信息和仪器的序列号（在仪器主机背面的标签上有注明）。

“关于”界面还提供一个有助于故障排除的仪器核对信息。按下 NEXT 热键，进入“关于”界面的两个数据界面。当您向 Brookfield 技术支持人员寻求技术服务的时候，可能需要这些信息来进一步核实您的 DV1 粘度计的性能。

II.9.10 服务

服务菜单用于 Brookfield 和 Brookfield 服务代理商为您提供技术服务。用户无权限进入服务菜单。

II.10 打印

DV1 粘度计可配置 DYMO 450 标签打印机。您可以向 Brookfield 购买这款打印机(Part No. GV-1046)。DV1 不支持其他型号的打印机。DV1 提供两种打印格式：货运标签(GV-1049-10, 2.31 英寸 x 4.00 英寸)和地址标签(GV-1048-10, 1.13 英寸 x 3.50 英寸)。当使用更大的标签，打印出来的格式仍然是小标签的格式。

无论选择菜单中所选的是何种语言，打印内容都是以英文显示（参阅 II.6 章节）。

当 USB 电缆（随打印机提供）将打印机和 DV1 粘度计相连，且电源都开启，则 DV1 和打印机的连接完成。在一个测试结束时，可以通过使用 PRINT 热键（图 II-9）选择打印功能。

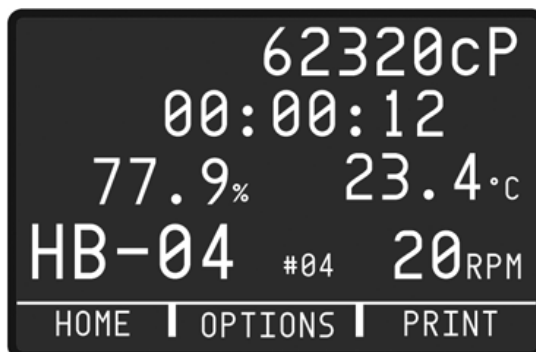


图 II-9

打印格式详见下图。数据包括（从左上角到右下角）：

00:00:12		RUN UNTIL	MANUAL
HB-04	#04	HB	20RPM
51920cP		23.2°C	64.9%

- Actual Time of Test 实际的测试时间
- Test Mode (Run Until) 测试模式（运行直至）
- Test Mode Parameter (Manual indicates no time given)
测试模式参数（手动不会显示运行时间）
- Spindle represented by both name and number 转子的名称和代码
- Torque range of the DV1 (HB) DV1粘度计（HB）的扭矩范围
- Speed 转速
- Measured Viscosity 测量的粘度
- Measured Temperature 测量的温度
- Measured Torque 测量的扭矩

打印机的连接可以通过选项菜单中的连接功能重置（参阅II.8.7章节）。

III. 粘度测量

III.1 快速入门

DV1 粘度计的粘度测试方法与 Brookfield 表盘粘度计、DV 系列数显粘度计是一样的。如果您有使用其他博勒飞仪器的经验，这一章节内容可以使您快速获得粘度数据。如果您之前没有使用过博勒飞仪器，请跳过这个章节，章节 III.2 中会有详细的阐述。

- A) 安装仪器支架。安装并调整 DV1 粘度计至水平状态（章节 I.5）。
- B) 粘度计自动调零（章节 II.2）。
- C) 使用 SPINDLE 和 SPEED 热键功能设置转子代码和转速（章节 II.5 和 II.6）。
- D) 用 OPTION 热键功能选择结束条件类型和参数（章节 II.8.1）。推荐 **Run Until Time:** 00hours: 00min: 20s。
- E) 用 OPTION 热键功能选择测试界面的参数和模式（章节 II.8.2）。
- F) 将转子放入样品中，并将转子连接到连接头上。**注意：**转子为左旋连接。
- G) 按下 Motor On 按键开始测试。
- H) 记录测试结果。
- I) 按下 Motor On 按键重复测试。按下 HOME 热键返回主屏幕。

III.2 测试前的准备

A) 粘度计：开启 DV1，调整水平并自动调零。使用支架底座底部的两个水平螺丝将仪器调整水平，并且从机头前方的气泡水平仪确认仪器是否达到水平状态。若气泡在中心区域内则粘度计已经水平。在自动调零之前都需要调整水平，在每次测试之前都要检查水平。

调整仪器处于水平状态是 DV1 正确操作的基本要素。

B) 样品：被测流体(样品)必须放置在一个容器中。DV1 配备的标准转子[LV (1-4), RV (2-7), 或 HA/HB (2-7)]使用 600mL 浅型烧杯（或直径为 8.25cm 的等同容器）。上述情况也适用于可选的 RV1、HA/HB1 转子。对于特殊的样品杯，如小量样品适配器、超低粘度适配器以及 Thermosel 加热器等其他转子系统，博勒飞公司都可供应。

博勒飞推荐您为特定的转子选择合适的容器。为了方便，您可以使用替换容器，但是这可能会对测量的粘度产生一定影响。DV1 用规定的容器进行校准。替换的容器得到的结果是可重复的，但有可能不是“真实的”。

LV (1-4)和 RV (1-7)的设计是在装上护腿的情况下使用。没有护腿的条件下进行测试可以得到可重复的结果，但是可能不能给出“真实的”结果。

提示：当您和其他人比较数据时，请确认使用的样品容器是否一致以及有没有使用护腿。

许多样品在测试粘度的时候必须要控制特定的温度。当调节样品的温度时，也需要控制容器和转子的温度和样品一样。

更详细的样品预备信息，请参阅我们的出版物《More Solutions to Sticky Problems》。

III.3 选择转子/转速

DV1 测试粘度的范围相当宽。例如，DV1MRV 通过使用不同的转子和不同的速度，可以在 100-13,000,000 cP 的范围内测试流体。详情见附录 B。

对于一种未知的流体，选择转子和速度的过程通常要经过反复试验。**恰当的选择可以使仪器的%扭矩范围在 10-100 之间。**在反复试验的过程中有两条通用规则：

- 1) 粘度范围与转子的尺寸大小成反比。
- 2) 粘度范围与转速成反比。

换句话说，测试高粘度，要选择小转子和/或低转速。如果选择的转子/速度使扭矩读数高于 100%，则需要降低转速或选择更小的转子。

当试验证明几种转子/速度的组合都可以得到在 10-100% 之间的满意效果时，在这种情况下，可以选择这几种转子中任意的一种。

非牛顿流体所测得的粘度会随着转子和/或速度的改变而改变。详情请参阅我们的出版物《More Solutions to Sticky Problems》。

要比较粘度数据，请确保使用了相同的测试方法。即：使用相同的仪器、转子、速度、容器、温度以及测试时间。

III.4 运行测试

在主屏幕（章节 II.2）按下 **Motor On** 按键开始粘度测试。测试过程中会显示实时测量的数据。当达到结束条件，最后的数据会显示在 DV1 屏幕上直至用户按下其他键。使用标准 LV/RV/HA/HB 转子 (61-64, 2-7) 进行粘度测量，推荐使用 600mL 的浅型烧杯装样品测试。

1. DV1 粘度计调整水平，取下连接的转子或保护帽，自动调零。
2. 准备待测样品，并将样品装入 600mL 浅型烧杯。
3. 连接护腿（LV 和 RV 系列）。连接转子。用一只手轻轻抬起连接头，另一只手将转子旋上（注意：左旋螺纹）。避免连接头侧面受力。
4. 在 DV1 上使用 **SPINDLE** 热键输入转子代码，**SPEED** 热键输入转速。
5. 将转子插入测试样品的中心位置。使用支架调整粘度计的高度，转子应浸入样品至转子杆的浸没刻度凹槽处。圆盘形转子应倾斜放入样品，避免圆盘下有气泡。**你会发现先将转子放入样品中再连接到粘度计上会更加方便。**
6. 用 **RUN UNTIL** 功能选择测试的结束条件。这个功能通过选择菜单中的 **RUN UNTIL** 选项中进入选择。选择一个结束条件（时间、扭矩、温度或手动模式），并指定一个参数。
7. 用 **TEST VIEW** 测试界面功能选择一个合适的显示界面。这个功能通过选项菜单中的 **TEST VIEW** 选项进入选择。选择一个参数和指定的格式（静态或动态）。这个关键参数会以最大字体在 DV1 上显示。
8. 按下 **Motor On** 按键开始粘度测量。如果使用 **Manual End Condition** 手动模式，需要足够的时间让粘度读数达到稳定。达到稳定的时间取决于粘度计运行的转速和样品的特性。要了解更多关于粘度测量的信息可以参阅附录 C 或 Brookfield 出版物《More Solutions to Sticky Problems》。
9. 当结束条件达到，电机会停止，屏幕上会显示测量结果。如果使用 **Manual End Condition**

手动模式结束条件，则按下**Motor Off**按钮就会停止测试。记录读数和相关参数。**Brookfield**推荐您至少要记录%扭矩和粘度值。相关的测试参数还包括：粘度计扭矩类型、转子、转速、温度、盛样容器尺寸和测试的时间。**DV1**可以使用标签式打印机。在附录的最后有粘度测量记录报告的范本供参考。

10. 如果您的测试过程需要在多个转速下采集数据，改变转速并重复步骤8和9。
11. 清理前，取下转子和护腿。注意在取下转子的时候，一定要将转轴轻轻向上抬起。每次使用后，都要清洁转子和护腿。有关清洁的建议，请参阅1.8章节。
12. 结果分析和仪器测量非牛顿流体/触变性材料的讨论在《**More Solutions to Sticky Problems**》和附录C粘度测量的变量中有介绍。

III.5 连接 Wingather SQ 软件

DV1 粘度计可以通过 **Brookfield Wingather SQ** 软件来控制操作。**Wingather SQ** 软件可采集 **DV1** 输出的数据，还可以进行：数据存储、数据打印、绘图和数学模型分析。

注意：**DV1** 使用的 **Wingather SQ** 软件必须为 **V4.0** 或更高版本。

DV1 粘度计通过 **USB B**（参阅图 I-2）端口和电脑连接。连接数据线会随 **Wingather SQ** 软件一起提供。连接需要 **Wingather SQ** 软件和 **DV1** 粘度计一起开启才可以建立。使用 **Wingather SQ** 软件上的 **Search** 或 **Connect** 按钮（见图 III-1）。连接成功后，端口名称旁边绿灯亮起。

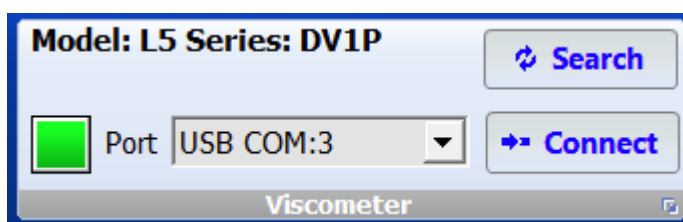


图 III-1

提示：如果 **DV1** 和 **Wingather SQ** 无法连接，在 **DV1** 选项菜单上选择 **CONNECT** 功能（参阅 II.8.7 章节）。

在增强粘度测试操作的功能性方面，**Wingather SQ** 软件的重要功能和特点，包括：

- 多种测试模式提高了数据采集的效率
- 通过数学模型分析数据
- 自动样品编号
- 数据可以导出为 **EXCEL** 和 **PDF** 格式
- 可导入早期版本的 **Wingather** 的测试和数据文件
- 可同时显示多达 **20** 组数据的数据图

下图为 **Wingather SQ** 软件的主要版面：



图 III-2 仪表界面



图 III-3 测试界面

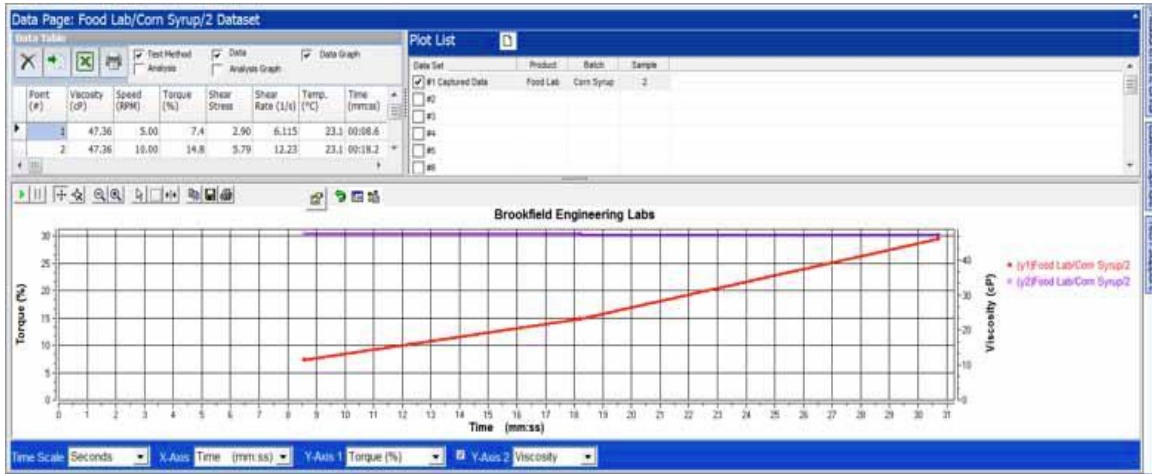


图 III-4 数据图表

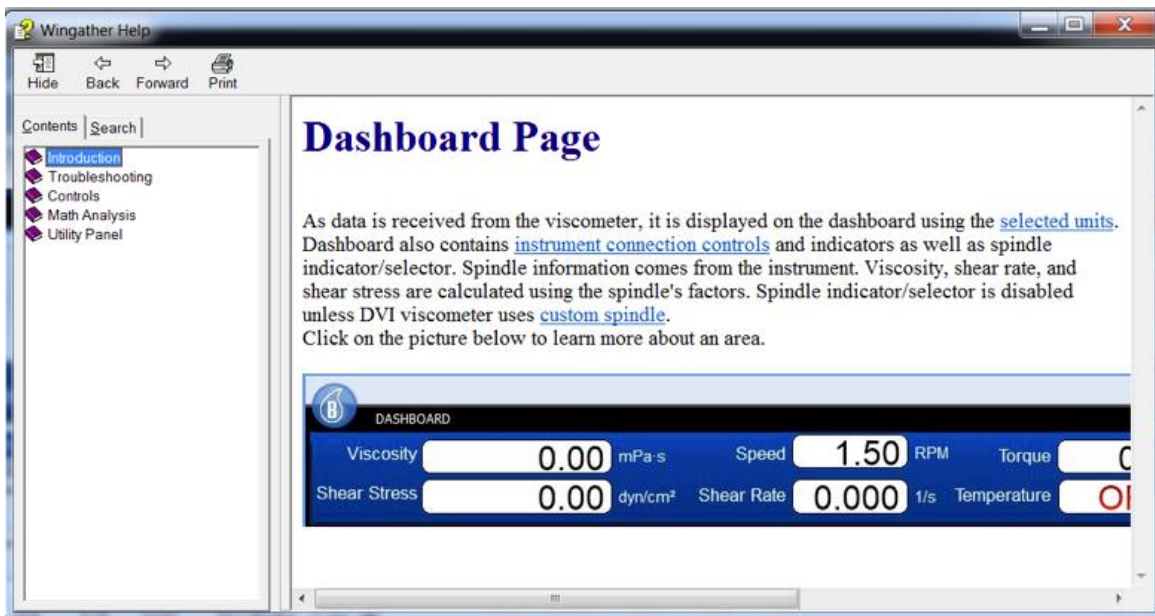


图 III-5 帮助菜单

附录 A 锥/板型粘度计设置

DV1 锥/板型粘度计使用的操作指示与本手册描述相同。但在测试之前，必须确认/调整锥板之间的“间隙”。将平板（内嵌于样品杯中）向锥的方向往上移动，直到锥中心的尖端接触到平板表面，然后降低平板高度 0.0005 英寸(0.013 mm)，使锥/板分离。

在高温条件下操作锥/板型粘度计，必须在推荐温度下平衡样品杯和转子，设定间隙。锥/板型粘度计的最高操作温度为 80 °C。样品杯的最高操作温度为 100°C。当控制温度高于 80°C，建议采取个人防护措施。



注意：当样品杯的控制温度高于 50°C 时，千分尺调节环会有发热现象。

DV1 锥/板型粘度计有电子间隙设置功能。这个功能在博勒飞仪器出货之前已经设定，用户可以通过这个功能快速找到 0.0005 英寸间隙设置。

Brookfield 推荐锥/板转子测量样品的最大粒径要小于间隙设置的 5 倍。更为保守的方法是最大粒径小于间隙设置的 10 倍。

下文解释了如何设置电子间隙和DV1粘度计的校准。

A.1 电子间隙设置功能

电子间隙调节开关：允许用户开启或关闭电子间隙设置的功能：开关在左侧时为OFF（关闭），右侧为ON（开启）。

调节指示灯：红色的 LED 灯。灯亮时，表示电子设置功能处在感应状态（启动）。



注意：放入测试样品前，确保指示灯处于关闭状态。

接触灯：黄色的 LED 灯。当灯发光的瞬间表示找到“接触点”。

滑动参考标记：在找到“接触点”之后才会用到，作为建立 0.0005 英寸间隙的参考。

千分尺调节环：用于调节样品杯相对于锥型转子进行向上或向下移动。向左转动环（顺时针）降低样品杯的位置；向右转动（逆时针）则升高样品杯的位置。环上的每一格代表一个刻度，每移动一格代表平板相对锥型转子运动 0.0005 英寸的距离。

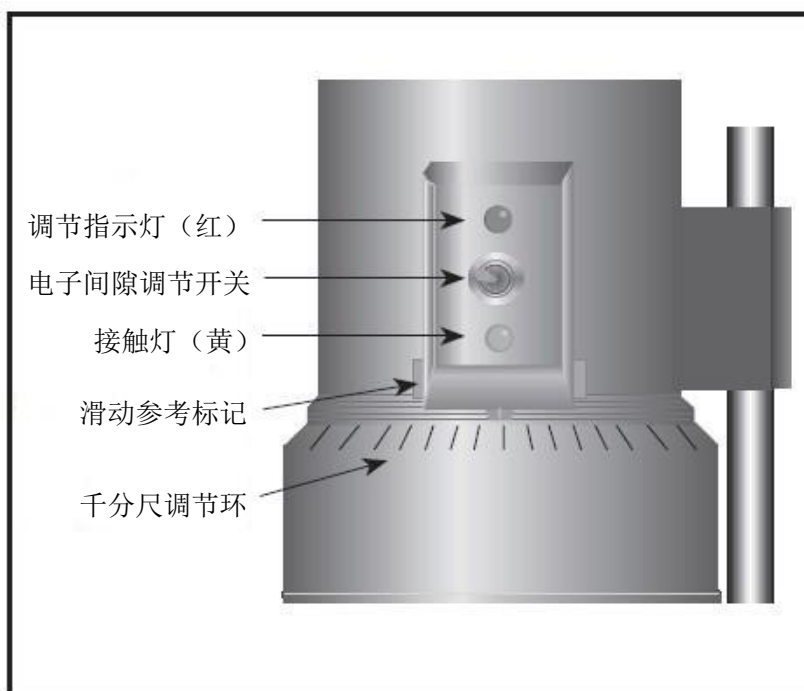


图 A-1

A.2 安装

1. 确认粘度计已经牢固地安装在实验室支架上，处于水平状态，在未装上锥型转子或样品杯的时候将粘度计调零，且显示的扭矩值为 0%。

2. 图 A-2 为典型的水浴装置示意图。将样品杯的出入口与水浴的出入口相连接，并设置需要的测试温度。等待足够的时间使水浴的温度达到测试温度。样品杯(CPA-44YZ 或 CPA-44PYZ) 的测试范围为 0~100°C。Brookfield 建议允许用手直接接触千分尺调整环的最高温度为 80°C。当在 0°C 附近使用样品杯时，要小心避免在杯子顶部表面的结霜现象；这可以确保千分尺调整环的使用正常。参阅水浴手册来恰当选择浴液和浴管，以确保安全和正确的操作。

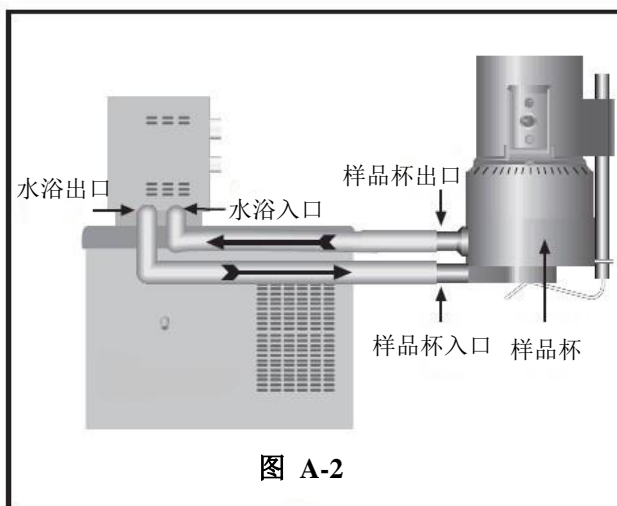


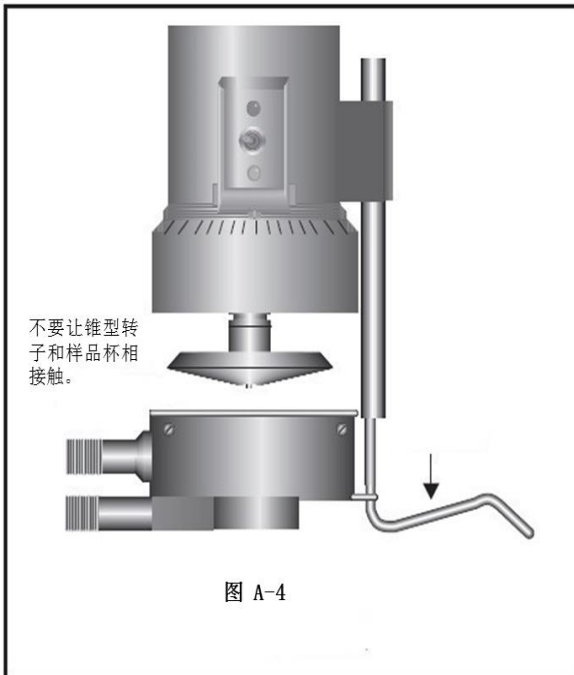
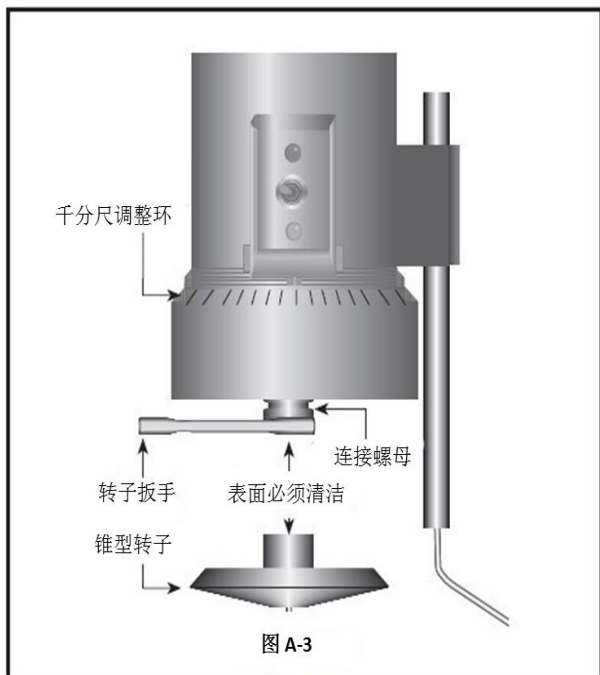
图 A-2

3. 粘度计配有一种具备电子间隙设置功能的特殊锥型转子。若锥转子产品编号为“CPE” 或“CPA”，则表示有电子间隙调节功能。

4. 电机关闭时，用扳手将锥型转子固定到粘度计的连接螺母上（见图 A-3）；轻轻地将连接螺母向上推并用扳手固定，用手旋紧锥型转子。**注意：往左手方向旋紧转子。**

5. 接上样品杯，注意样品杯不要撞到锥型转子（图 A-4），将样品杯对准千分尺调节环，并扣紧样品杯下的拉杆将样品杯定位。样品杯内须无样品。

6. 可选：样品杯可配置一个清洁装置。用户可以连接一个干燥气体连接，如果有需要，在测试过程中通入干燥气体保持样品性质。



A.3 设置间隙

1. 将调节开关移到右边，开启（启动）间隙设置功能。调节指示灯（红）发亮。
2. 如果接触灯（黄）亮起，顺时针（当您向下看仪器时）旋转千分尺调整环，直至灯不再发亮（见图 A-5）。
3. 当黄色的接触灯不亮，慢慢地逆时针以小的增量（一个或两个刻度）旋转千分尺调整环。继续逆时针缓慢转动千分尺调整环直至接触灯（黄）刚刚亮起。此时正处于“接触点”。
4. 向右或向左调整滑动参考标记到最近的满量程标记（见图A-6）。
5. 向左旋转千分尺调整环一个刻度，使刻度线和滑动参考标记相互对齐。此时，黄色的接触灯应该为关闭状态。
6. 您已经设定了测量所需的间隙。现在，关闭调节开关（移到左侧）；红色的指示灯应该熄灭。

若电子间隙设置功能处于开启状态，导电流体的粘度读数可能会受到影响。因此在进行读数前，应确认电子间隙设置功能处于关闭状态！

7. 小心取下样品杯。

注意：

1. 如果千分尺调整环没有被移动，则装卸样品杯，无需重新设置间隙。
2. 清洁时，请取下粘度计上的转子。
3. 每次装上或卸下转子，都要重新设置接触点。

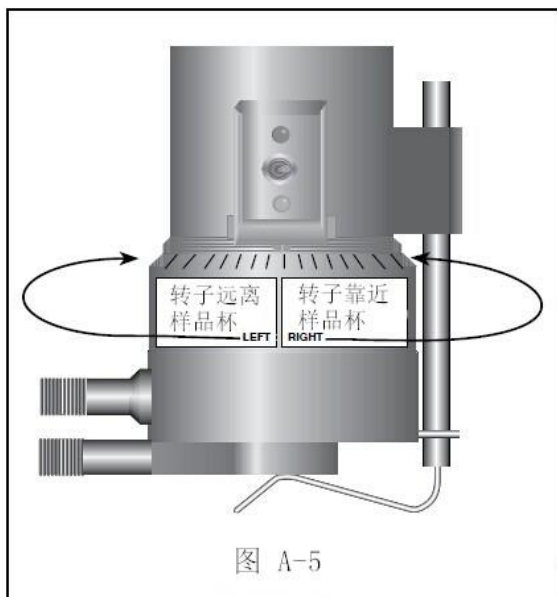


图 A-5

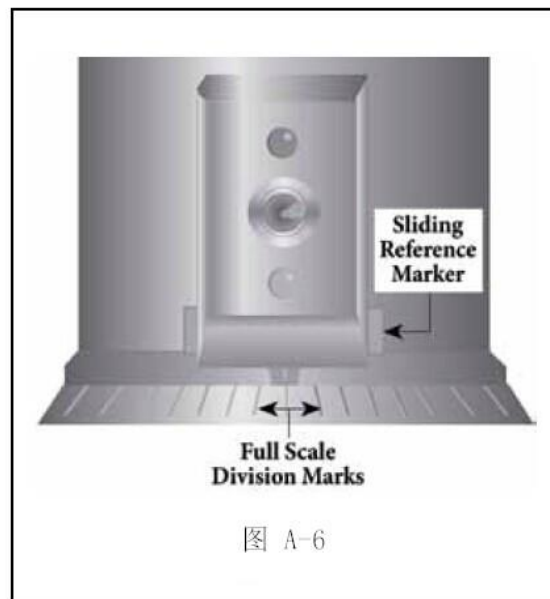


图 A-6

A.4 锥/板型粘度计的粘度测量

DV1 锥板型粘度计的粘度测量和 DV1 粘度计测量一样。

1. 按照章节 III.2 准备粘度计。
2. Brookfield 推荐锥/板粘度测量时使用温度控制设备。确保样品杯和水浴循环连接并达到样品的目标温度。如果设置的温度和周围环境温度差别很大，您可能需要将转子和样品杯一起恒温。可以将转子从粘度计上取下，将转子放在样品杯上预热（注意不要刮花转子或样品杯的表面）。在进行下一步骤之前将转子连接到粘度计上。
3. 设置间隙（参阅附录 A；章节 A.3）。Brookfield 推荐在和粘度测量相同的温度下设置间隙。
4. 取下样品杯。
5. 根据转子放入精确的样品量。见表格 A-1。样品量对于测量影响很大。一般而言，最好比间隙填满稍微多一点。也可以制定一个取样方法保证粘度测量的重现性。
6. 将样品放入样品杯的中心位置。避免有气泡。
7. 将样品杯装到粘度计上（小心不要倾斜样品杯，这样可能会使样品离开中心位置）。
8. 等待热平衡。Brookfield 推荐恒温时间至少 1 分钟。如果样品温度和控制温度相差极大，或转子未预热，则您可能需要增加恒温时间。
9. 操作粘度计（参阅 II.8 章节，步骤 3-6）。参考章节 III.3 来选择合适的转子或转速。
10. 测试结束时取下样品杯。将样品杯移开时注意不要让样品杯和转子接触。
11. 取下转子（参考附录 A；A.2 章节，步骤 4）。

清洁：参考 I.8 章节推荐的一般清洁步骤。每次测试结束后，清洁样品杯和转子。注意不要让样品干燥或硬化到转子或样品杯上，以免机械刮除时可能会损伤测量表面。Brookfield 推荐先取下转子再清洁。

在清洁过程中不要刮伤转子或样品杯的表面。注意不要掉落转子，任何转子边沿的凹痕都会影响测量。

样品杯可提供内嵌式温度探针。温度探针不能接触清洁溶剂或测试样品。不要将样品杯浸入到清洁溶剂中。

A.5 验证校准

1. 确定合适的样品量。参考表 A-1，根据使用的转子选择正确的样品量。

2. 选择原厂博勒飞粘度标准液，粘度读数为在满量程的 10% 和 100%之间。锥型转子的粘度范围可参考附录 B。

博勒飞锥/板粘度计出厂时，博勒飞使用矿物油粘度标准液校验仪器。当您对仪器进行校准检查时，博勒飞建议使用矿物油粘度标准液。

如果您决定使用硅油型粘度标准液，当锥板型粘度计所测的粘度高于 5000 cP 时，则硅油型粘度标准液不适合。博勒飞提供范围齐全的矿物油粘度标准液，适用于锥/板粘度计的粘度高于 5000cP 或剪切率高于 500s⁻¹。适用的标油规格，请参阅附录 F 中表 F-1 和表 F-2。

对于一个给定的锥转子/速度组合，最好使用接近该组合下最大测量粘度的粘度标准液。

例：DV1LV 粘度计，锥转子 CPA-42Z，博勒飞硅油型粘度标准液（25°C 时，粘度为 9.7 cP）。

在转速为 60 RPM，满量程粘度范围为 10.0cP。因此，粘度计的读数应为扭矩 97%，粘度 9.7 cP ± 0.197 cP。允许误差(±0.197 cP)是粘度计精度和标准液误差两个因素的综合（参照附录 E 中的校准试验解释）。

3. 电机处于关闭状态，卸下样品杯，将粘度标准液放入样品杯中。

锥转子产品代码 No.	样品量
CPA-40Z, CPE-40, CP-40	0.5 mL
CPA-41Z, CPE-41, CP-41	2.0 mL
CPA-42Z, CPE-42, CP-42	1.0 mL
CPA-51Z, CPE-51, CP-51	0.5 mL
CPA-52Z, CPE-52, CP-52	0.5 mL

4. 将样品杯装到粘度计上，等待足够的时间让样品、样品杯以及锥转子达到温度平衡。

5. 启动电机。设置转速。测试粘度，并记录扭矩%和粘度(cP)的读数。

注意：在读取粘度值之前锥形转子至少旋转 5 次。

6. 验证粘度读数在允许误差 1%以内，正如之前介绍，使用指定的粘度标准液。

*标有“CPE ”或“CPA”的锥转子只用于电子间隙设置的锥板型粘度计/流变仪。

附录 B 粘度范围

LV 粘度计使用 LV #1-4 转子，RV/HA/HB 粘度计使用#1-7 转子。

粘度范围 (cP)		
粘度计	最小值	最大值
DV1MLV	15	2,000,000
DV1MRV	100*	13,300,000
DV1MHA	200*	26,600,000
DV1MHB	800*	106,400,000

最小粘度值是连接选配的 RV/HA/HB-1 号转子测量。(转子代码 01)

桨式转子

转子	扭矩范围	剪切力范围 (Pa)	粘度范围 cP (mPa·s) @10RPM
V-71	不推荐在LV扭矩范围使用		
V-72	LV	0.188-1.88	199—1990
V-73	LV	0.938-9.38	996—9960
V-74	LV	9.38-93.8	4990—49900
V-75	LV	3.75-37.5	1996—19960
V-71	RV	0.5-5	262—2620
V-72	RV	2-20	1110—11100
V-73	RV	10-100	5350—53500
V-74	RV	100-1000	54300—543000
V-75	RV	40-400	21300—213000
V-71	HA	1-10	524—5240
V-72	HA	4-40	2220—22200
V-73	HA	20-200	10700—107000
V-74	HA	200-2000	108600—1086000
V-75	HA	80-800	42600—426000
V-71	HB	4-40	2096—20960
V-72	HB	16-160	8880—88800
V-73	HB	80-800	42800—428000
V-74	HB	800-8000	434400—4344000
V-75	HB	320-3200	170400—1704000

注意：1. 1 Pa = 10 dyne/cm²

2. 1 cP=1 mPa·s

3. 给出的粘度范围是转速为10RPM。

cP = Centipoise

mPa·s = Millipascal·seconds

小量样品适配器 SSA 和 Thermosel 加热器

SSA and Thermosel Spindle	Viscosity Range (cP)		Shear Rate sec-1
	DV1MLV		
SC4-16	120	- 400,000	.29N
SV4-18	3	- 10,000	1.32N
SC4-25	480	- 1,600,000	.22N
SC4-31	30	- 100,000	.34N
SC4-34	60	- 200,000	.28N
SC4-81	3	- 10,000	1.29N
SC4-82	3	- 10,000	1.29N
SC4-83	11	- 38,000	1.29N

SSA and Thermosel Spindle	Viscosity (cP)			Shear Rate sec-1
	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB	
SC4-14	1,250 - 4,165,000	2,500 - 8,330,000	10,000 - 33,360,000	.40N
SC4-15	500 - 1,660,000	1,000 - 3,320,000	4,000 - 13,280,000	.48N
SC4-25	0 - 167,000	100 - 334,000	400 - 1,336,000	.93N
SC4-27	250 - 830,000	500 - 1,660,000	2,000 - 6,640,000	.34N
SC4-28	500 - 1,660,000	1,000 - 3,320,000	4,000 - 3,280,000	.28N
SC4-29	1,000 - 3,330,000	2,000 - 6,660,000	8,000 - 26,640,000	.25N
Thermosel SC4-81	37 - 10,000	73.0 - 10,000	292 - 10,000	1.29N
SSA SC4-82	37 - 10,000	73.0 - 10,000	292 - 10,000	1.29N
SSA SC4-83	121 - 50,000	243 - 50,000	970 - 50,000	1.29N

ULA 适配器（超低粘度适配器）

UL Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	DV1MLV	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB	
YULA-15 or 15Z	1 - 2,000	7 - 2,000	13 - 2,000	52 - 2,000	1.22N
ULA-DIN-Y	1 - 3,800	11 - 5,000	22 - 5,000	85 - 2000	1.29N

DIN 适配器

DAA Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	DV1MLV	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB	
85	2 - 4,000	12 - 5,000	24 - 5,000	98 - 5,000	1.29N
86	4 - 3,800	37 - 10,000	73 - 10,000	292 - 10,000	1.29N
87	11 - 38,000	121 - 50,000	243 - 50,000	970 - 50,000	1.29N

Spiral Adapter 螺旋适配器

Spiral Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	DV1MLV	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB	
SA-70	98 - 98,500	1,000 - 1,050,000	2,100 - 2,100,000	8,400 - 8,400,000	.00677 - .67.7N (1-100 RPM)

锥/板型粘度计

Cone Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	DV1MLV	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB	
CPE-40	.30 - 1,028	3 - 10,900	7 - 21,800	26 - 87,200	7.5N
CPE-41	1.15 - 3,840	12 - 41,000	25 - 82,000	98 - 328,000	2.0N
CPE-42	.60 - 2,000	6 - 21,300	13 - 42,600	51 - 170,400	3.84N
CPE-51	4.8 - 16,178	51.8 - 172,600	103.4 - 345,200	414.2 - 1,380,800	3.84N
CPE-52	9.3 - 31,000	99.2 - 330,733	198.4 - 661,466	793.6 - 2,645,866	2.0N

升降支架使用的 T 型转子

T-Bar Spindle	Viscosity (cP)			
	DV1MLV	DV1MRV	DV1MHA	DV1MHB
T-A	156 - 62,400	2,000 - 400,000	4,000 - 800,000	16,000 - 3,200,000
T-B	312 - 124,800	4,000 - 800,000	8,000 - 1,600,000	32,000 - 6,400,000
T-C	780 - 312,000	10,000 - 2,000,000	20,000 - 4,000,000	80,000 - 16,000,000
T-D	1,560 - 624,000	20,000 - 4,000,000	40,000 - 8,000,000	160,000 - 32,000,000
T-E	3,900 - 1,560,000	50,000 - 10,000,000	100,000 - 20,000,000	400,000 - 80,000,000
T-F	7,800 - 3,120,000	100,000 - 20,000,000	200,000 - 40,000,000	800,000 - 160,000,000

特殊注意事项:

用 DV1 粘度计进行粘度计测试，关于低粘度的有效测试限制有两个注意事项。

- 1) 任何转子/转速组合下的粘度测试应该在扭矩范围 10%到 100%之间。
- 2) 粘度测试应该在层流条件下，而不是在紊流条件下进行。

第一条注意事项和仪器的精度有关。所有DV1粘度计的精度为任何标准转子或锥转子组合下测量范围的+/-1%。（注意：当DV1使用附件设备的时候，精度可能会高于1%）。不建议在低于10%扭矩的范围进行读数，因为+/-1%粘度误差与仪器读数相比，是相对较高的。

第二个注意事项涉及到流体流动的力学。所有流体流动的流变测试应该在层流条件下进行。层流是流体中所有粒子的运动在剪切力作用下在层中定向运动。对于旋转体系，意味着所有的流体运动必须是圆周运动。当流体上的惯性力变得很大时，流体会变为紊流，使流体的运动变得无序，从而不能用标准的数学模型分析流体。这种紊流会产生一种假的高粘度读数，且随着流体的紊流程度增加，读数的非线性也会增加。

对于以下几种转子，我们发现紊流发生的大概转变点：

- 1) #1 LV转子: 在60RPM转速下粘度15 cP
- 2) #2 LV转子: 在200RPM转速下粘度100 cP
- 3) #1 RV转子: 在50RPM转速下粘度100 cP
- 4) ULA适配器: 在60RPM转速下粘度0.85 cP

当RPM/cP组合超过以上列出的值会发生紊流。由于粘性和惯性力之间的关系，粘度在紊流开始时粗略估计仍然是正常的，并且它可以发生显著的变化。对于牛顿流体，湍流开始作为一个粘度的小偏差或小幅增加，接着就快速增长。基本上，当紊流开始时，它没有确切的剪切，只是基于流体有一个大概的剪切范围。

使用附件设备对精度的影响

博勒飞粘度计在使用时，规定的精度范围为 $\pm 1\%$ 。当粘度计依照操作手册进行仪器安装，并使用供应商提供的标准液进行校准测试（包括温度控制和规定的流体精度的关键参数），可以得到 $\pm 1\%$ 的精度范围。博勒飞声明的精度范围是博勒飞旋转粘度计使用标准转子，包括 LV 转子 1 到 4（LV 系列粘度计配套的转子），RV 转子 2 到 7（RV 系列粘度计配套的转子），HV 系列转子 2 到 7（HA 和 HB 系列粘度计配套的转子）在一个 600mL 浅型烧杯中测量。

博勒飞提供一系列附件使博勒飞粘度计适应特殊的测试情况。这些附件的添加除了提升了仪器的性能，也导致仪器在使用时测量公差超过 $\pm 1\%$ 的精度。这种测试的偏差是许多因素的共同作用，包括转子的形状，附件调整精度，要求的样品量以及样品导入技术。在检查校准博勒飞粘度计时，必须考虑这些因素对测量公差的影响。在所有的测试条件中，样品温度是非常重要的，根据温度控制体系与前文所述的标准粘度计转子的校准测试，测量公差也会增加。一旦粘度计的校准确认，测试系统增大的公差可能是由使用的附件设备决定的。在多数情况下，这种公差非常小，一般而言，当使用这些附件时，需要额外增加 $\pm 1\%$ 的精度范围。

附录 C 粘度测量的变量

用任何仪器进行粘度测量时，都会有变量对粘度计的测试产生影响。这些变量可能与仪器（粘度计）或测试流体有关。测试粘度计的变量和流体的流变性质有关，而仪器的变量则包括粘度计设计和采用的转子几何系统。

流变特性

流体有不同的流变特性，可以通过粘度计测量来体现出来。然后使这些流体适应我们的实验室或工艺条件。

流体可分成两大类：

牛顿流体：这种流体在测试的剪切率范围内，不同的剪切率（不同的转速）有相同的粘度，称为牛顿流体。

非牛顿流体：这种流体在不同的剪切率（不同转速）下有不同的粘度。非牛顿流体又可以分为两种：

- 1) 时间独立性非牛顿流体
- 2) 时间依赖性非牛顿流体

时间独立性

假塑性：假塑性材料随着剪切率的增大，粘度减小，也被成为“剪切变稀”。如果你在读取流变读数是由低转速到高转速，然后再回到低转速，且此时不同转速下的粘度读数与原来相应转速下的粘度读数相同，则这种材料为时间独立性假塑性体（剪切变稀）。

时间依赖性

触变性：触变性材料在固定不变的剪切率下，其粘度会减小。如果您设置粘度计恒速运行，在不同时间读取 cP 粘度值，发现粘度值会随着时间的增加而减小的话，则这种材料为触变性。

如果你在转速由慢变快的过程中读取流变读数，当转速重新变慢，读数会不断降低，则这种材料为时间依赖性的触变性。

博勒飞出版的《More Solutions to Sticky Problems》，有更多关于流变特性和非牛顿流体行为的介绍。

粘度计相关变量

大多数的流体属于非牛顿流体。它们的粘度取决于剪切速率，测试时间和转子的几何形状。粘度计的转子和样品杯的几何形状规格会影响到粘度读数。如果在转速 2.5 RPM 读一个数，在 50RPM 再读一个数，由于在不同的剪切率下读数，这两个 cP 值会不同。转子速度越快，剪切率越高。

测试的剪切率取决于：转子的转速、转子的尺寸和形状、使用容器的尺寸和形状以及容器壁与转子表面之间的距离。

可重复粘度测试应该控制或指定以下内容：

- 1) 试验温度
- 2) 样品容器尺寸（或转子/容器的几何形状）
- 3) 样品量
- 4) 粘度计型号
- 5) 使用的转子
- 6) 是否使用护腿
- 7) 测试速度（或剪切率）
- 8) 时长或转子运行记录粘度的频率
- 9) 样品的制备和/或样品注入容器的方式

附录 D 转子代码和 SMC/SRC 值

使用Brookfield标准粘度计或流变仪，每个转子都有两位数的代码。在DV1粘度计上可以通过面板输入代码。通过这个代码DV1可以计算粘度值，当使用圆柱形转子（SSA、ULA、Thermosel、DAA等）和锥板机型时，也可以计算剪切率和剪切应力值。

每个转子有两个常数用于计算。转子常数（SMC）用于粘度和剪切应力计算，剪切率常数（SRC）用于剪切速率和剪切应力的计算。注意，当SRC=0，则表示不能进行剪切速率/剪切应力的计算，这些功能显示的数据为零（0）。

表 D-1（接下页）

转子	输入代码	SMC	SRC
RV1	01	1	0
RV2	02	4	0
RV3	03	10	0
RV4	04	20	0
RV5	05	40	0
RV6	06	100	0
RV7	07	400	0
HA1	01	1	0
HA2	02	4	0
HA3	03	10	0
HA4	04	20	0
HA5	05	40	0
HA6	06	100	0
HA7	07	400	0
HB1	01	1	0
HB2	02	4	0
HB3	03	10	0
HB4	04	20	0
HB5	05	40	0
HB6	06	100	0
HB7	07	400	0
LV1	61	6.4	0
LV2	62	32	0
LV3	63	128	0
LV4或4B2	64	640	0
LV5	65	1280	0
LV-2C	66	32	0.212
LV-3C	67	128	0.210
Spiral	70	105	0.677
T-A	91	20	0
T-B	92	40	0

T-C	93	100	0
T-D	94	200	0
T-E	95	500	0
T-F	96	1000	0
ULA	00	0.64	1.223
HT-DIN-81	81	3.7	1.29
SC4-DIN-82	82	3.75	1.29
SC4-DIN-83	83	12.09	1.29
DIN-85	85	1.22	1.29
DIN-86	86	3.65	1.29
DIN-87	87	12.13	1.29
SC4-14	14	125	0.4
SC4-15	15	50	0.48
SC4-16	16	128	0.29
SC4-18	18	3.2	1.32
SC4-21	21	5	0.93
SC4-25	25	512	0.22
SC4-27	27	25	0.34
SC4-28	28	50	0.28
SC4-29	29	100	0.25
SC4-31	31	32	0.34
SC4-34	34	64	0.28
CPA-40Z / CPE-40 / CP40	40	0.327	7.5
CPA-41Z / CPE-41 / CP41	41	1.228	2
CPA-42Z / CPE-42 / CP42	42	0.64	3.84
CPA-51Z / CPE-51 / CP51	51	5.178	3.84
CPA-52Z / CPE-52 / CP52	52	9.922	2
V-71	71	2.62	0
V-72	72	11.1	0
V-73	73	53.5	0
V-74	74	543	0
V-75	75	213	0

表 D-1
(接上一页)

表 D-2 列出了各型号粘度计的机型编码和弹簧扭矩常数

表 D-2

型号	扭矩常数 (TK)	在DV1显示屏的机型编码
DV1MLV	0.09373	LV
DV1M3	0.234375	2.5LV
DV1M5	0.46875	5LV
DV1MRQ	0.25	1/4RV
DV1MRH	0.5	1/2RV
DV1MRV	1	RV
DV1MHA	2	HA
DV1MA2	4	2HA
DV1MA3	5	2.5HA
DV1MHB	8	HB

任何型号的 DV1 粘度计和转子的满量程粘度范围可以用公式计算：

$$\text{满量程粘度范围FSR [cP]} = \text{TK} * \text{SMC} * \frac{10,000}{\text{RPM}}$$

其中：

TK = 表 D-2 中的 DV1 扭矩常数

SMC = 表 D-1 中的转子常数

剪切率计算公式：

$$\text{剪切率 (sec}^{-1}\text{)} = \text{SRC} * \text{RPM}$$

其中：

SRC = 表 D-1 中的剪切率常数

附录 E 转子代码和粘度范围

范围系数是一个快速确定选定转子/转速组合最可测最大粘度值的方便工具。确认使用的转子和粘度计/流变仪的扭矩范围(LV, RV, HA, HB)，在下表中查看范围系数，根据转子转速确定可测量的最大粘度值。

例如：使用 RV-3 转子的 RV 粘度计，范围系数为 100,000。在 50RPM 转速下，可以测量的最大粘度值为 100,000/50 或 2,000cP。

转子的两位数代码用于在标准数显粘度计/流变仪的操作中确认使用的转子。

表 E-1

Spindle	Entry Code	Range Coefficient			
		LV	RV	HA	HB
RV1	01	937	10,000	20,000	80,000
RV2	02	3,750	40,000	80,000	320,000
RV3	03	9,375	100,000	200,000	800,000
RV4	04	18,750	200,000	400,000	1,600,000
RV5	05	37,500	400,000	800,000	3,200,000
RV6	06	93,750	1,000,000	2,000,000	8,000,000
RV7	07	375,000	4,000,000	8,000,000	32,000,000
HA1	01	937	10,000	20,000	80,000
HA2	02	3,750	40,000	80,000	320,000
HA3	03	9,375	100,000	200,000	800,000
HA4	04	18,750	200,000	400,000	1,600,000
HA5	05	37,500	400,000	800,000	3,200,000
HA6	06	93,750	1,000,000	2,000,000	8,000,000
HA7	07	375,000	4,000,000	8,000,000	32,000,000
HB1	01	937	10,000	20,000	80,000
HB2	02	3,750	40,000	80,000	320,000
HB3	03	9,375	100,000	200,000	800,000
HB4	04	18,750	200,000	400,000	1,600,000
HB5	05	37,500	400,000	800,000	3,200,000
HB6	06	93,750	1,000,000	2,000,000	8,000,000
HB7	07	375,000	4,000,000	8,000,000	32,000,000
LV1	61	6,000	64,000	128,000	512,000
LV2	62	30,000	320,000	640,000	2,560,000
LV3	63	120,000	1,280,000	2,560,000	10,240,000
LV4 or 4B2	64	600,000	6,400,000	12,800,000	51,200,000
LV5	65	1,200,000	12,800,000	25,600,000	102,400,000
LV-2C	66	30,000	320,000	640,000	2,560,000

Spindle	Entry Code	Range Coefficient			
		LV	RV	HA	HB
LV-3C	67	120,000	1,280,000	2,560,000	10,240,000
T-A	91	18,750	200,000	400,000	1,600,000
T-B	92	37,440	400,000	800,000	3,200,000
T-C	93	9,3600	1,000,000	2,000,000	8,000,000
T-D	94	187,200	2,000,000	4,000,000	16,000,000
T-E	95	468,000	5,000,000	10,000,000	40,000,000
T-F	96	936,000	10,000,000	20,000,000	80,000,000
Spiral	70	98,400	1,050,000	2,100,000	8,400,000
ULA	00	600	6,400	12,800	51,200
HT-DIN-81	81	3,420	36,500	73,000	292,000
SC4-DIN-82	82	3,420	36,500	73,000	292,000
SC4-DIN-83	83	11,340	121,300	242,600	970,400
ULA-DIN-85	85	1,144	12,200	24,400	97,600
ULA-DIN-86	86	3,420	36,500	73,000	292,000
ULA-DIN-87	87	11,340	121,300	242,600	970,400
SC4-14/6R	14	117,200	1,250,000	2,500,000	10,000,000
SC4-15/7R	15	46,880	500,000	1,000,000	4,000,000
SC4-16/8R	16	120,000	1,280,000	2,560,000	10,240,000
SC4-18/13R	18	3,000	32,000	64,000	256,000
SC4-21/13R	21	4,688	50,000	100,000	400,000
SC4-25/13R	25	480,000	5,120,000	10,240,000	40,960,000
SC4-27/13R	27	23,440	250,000	500,000	2,000,000
SC4-28/13R	28	46,880	500,000	1,000,000	4,000,000
SC4-29/13R	29	93,750	1,000,000	2,000,000	8,000,000
SC4-31/13R	31	30,000	320,000	640,000	2,560,000
SC4-34/13R	34	60,000	640,000	1,280,000	5,120,000
CPA-40Z, CPE-40, CP-40	40	307	3,270	6,540	26,160
CPA-41Z, CPE-41, CP-41	41	1,151	12,280	24,560	98,240
CPA-42Z, CPE-42, CP-42	42	600	6,400	12,800	51,200
CPA-51Z, CPE-51, CP-51	51	4,854	51,780	103,560	414,240
CPA-52Z, CPE-52, CP-52	52	9,300	99,220	198,440	793,760
V-71	71	2,456	26,200	52,400	209,600
V-72	72	10,404	111,000	222,000	888,000
V-73	73	50,146	535,000	1,070,000	4,280,000
V-74	74	508,954	5,430,000	10,860,000	43,440,000
V-75	75	199,645	2,130,000	4,260,000	8,520,000

附录 F 校准程序

博勒飞粘度计在使用时，规定的精度范围为±1%。当使用指定的转子/转速测量粘度，可测粘度的最大值定义为满量程范围 **Full Scale Range**，数显式粘度计可以按“AUTORANGE”按键显示这个值。显示的满量程粘度单位为 cP 或 mPa·s，扭矩值为 100%。满量程粘度乘以 1% 可以确定这个转子/转速组合测量的精度。

当你的粘度计使用以下附件，精度为±2%。使用附件的测量公差允许范围为±1%到±2%。

- 小量样品适配器
- Thermosel 加热器
- 超低粘度适配器
- DIN 适配器
- 螺旋适配器

使用粘度标准液验证 DV1 的精确度。粘度标准液可以从博勒飞公司购买。粘度标准液为牛顿流体，因此无论转子的转速（或剪切率）如何，其粘度都是相同不变的。**表 F-1**（硅油）和**表 F-2**（矿物油）所示为温度 25°C 时校准的粘度标准液。

如需更多帮助，请到我们的官方网站：www.brookfieldengineering.com（英文）；www.brookfield.com.cn（中文）下载更多资料和视频。

容器大小：对于 <30,000 cP 的粘度标准液，使用 600 毫升浅型烧杯装入 500 毫升标准液进行测试。

对于 ≥30,000 cP 的粘度标准液，请使用以下尺寸的流体容器。

内径：3.25 英寸（8.25cm）；高度：4.75”（12.1cm）

注：容器可以更大，但不能小于这个标准。

温度：如粘度标准液瓶外标签所示：（+/-）0.1°C

条件：请根据操作手册设置 DV1。水浴温度必须稳定在测试温度。如粘度计的型号标签上有“LV”或“RV”字样，则必须安装护腿（关于护腿的更多信息，参见附录 G）。

表 F-1

25°C 通用型硅油标准液		高温型硅油标准液
粘度 (cP)	粘度 (cP)	三种粘度/温度**
5	5,000	HT-30,000
10	12,500	HT-60,000
50	30,000	HT-100,000
100	60,000	
500	100,000	**25°C, 93.3°C, 149°C
1,000		更多信息请参见博勒飞产品目录

表 F-2

矿物油粘度标准液	
BEL P/N	粘度 (cP) 25°C
B29	29
B200	200
B600	600
B1060	1,060
B2000	2,000
B10200	10,200
B21000	21,000
B73000	73,000
B200000	200,000
B360000	360,000

博勒飞粘度标准液的通用信息

我们推荐博勒飞粘度标准液从首次使用之日起，一年更换一次。这些液体是纯硅油，不随时间而改变。但是，正常使用的情况下标准液接触外界污染物，需要每年更换。污染可能是来源于引入的溶剂、不同粘度的标准液或其它异物。

粘度标准液可存储于普通的实验室条件下。矿物油应存放在随产品一同提供的容器内。粘度标准液的处理应根据相关地方或国家法规规定的材料安全数据表（MSDS）。

博勒飞公司不再重新检定粘度标准液。购买之日起两年内，我们将发出流体校准证书的副本。假如博勒飞粘度标准液未被污染，可重复使用。通常的做法是在一个600毫升烧杯中使用，然后将物料回收到瓶子中。在使用量较小的附件时，如小量样品适配器SSA，ULA适配器或Thermosel加热器或螺旋适配器，使用过的液体通常是被丢弃。

博勒飞 LV #1-3 (#61-63) 和 RV/ HA/HB #1-6 转子的校准步骤

注意：LV # 4 (#64) 和 RV/HA/HB # 07 转子已经从该步骤中略去。博勒飞不建议使用这些转子对您的仪器进行校准检查。原因：转子表面接触粘度标准液的量很少，很难在转子上精确确定浸没标记，也很难将转子附近的温度精确控制在 25°C。

使用建议的转子并按照以下步骤，对您的仪器进行校准：

- 1) 将粘度标准液（在适当的容器中）放入水浴。
- 2) 调整 DV1 到测量位置（LV 或 RV 系列粘度计需使用护腿）。
- 3) 将转子装到粘度计上。如果您使用的是盘形的转子，应将转子先以一个角度浸没于标准液中，避免有空气在转子下，然后将转子连接到粘度计上。
- 4) 将粘度标准液和转子一起浸入到水浴中，恒温至少一个小时，在测试前周期性搅拌液体。转子可在液体中旋转，以加速恒温速度。

注意：请勿引入气泡。

5) 1 小时后，用一个精确的温度计检查粘度标准液的温度。为了达到测试要求的温度，可延长温度计浸泡在液体中的时间。

6) 如果流体是在测试温度（规定温度的 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 范围内，通常为 25°C）下，测量粘度并记录

粘度计读数（包括%扭矩和 cP 值）。**注意：在读数之前，转子转动至少 5 次。**

7) 粘度读数应和标准液cP值一样（考虑粘度计精度和粘度标准液误差，在本附录标题为“校准测试结果的解释”会讨论），本章节稍后会介绍。

小量样品适配器 SSA 的校准步骤

博勒飞推荐两步校准。首先，使用标准粘度计转子LV（# 1-3），RV/HA/HB（# 1-6）验证校准粘度计，详情参见本附录。第二步，用小量样品适配器验证校准粘度计。附件设备的使用可能会增加DV1量的精度误差。

使用小量样品适配器时，水浴夹套与水浴相连接，并将水温稳定在合适的温度：

1) 将适量的粘度标准液放入样品杯。样品量随每个转子/样品杯组合变化（参阅小量样品适配器操作说明）。

2) 将样品杯放置到水浴夹套中。

3) 将转子连接到DV1转子放入待测流体中，连接延长钩，连接螺母和自由悬挂转子（或直接连接实心转子）。

4) 控制温度30分钟，使粘度标准液、样品杯和转子达到测试温度。

5) 测量粘度并记录粘度计读数（包括%扭矩和cP值）。**注意：在读数之前，转子转动至少 5次。**

Thermosel 加热器系统的校准步骤

博勒飞推荐两步校准。首先，使用标准粘度计转子LV（# 1-3），RV/HA/HB（# 1-6）验证校准粘度计，详情参见本附录。第二步，用加热器验证校准粘度计。附件设备的使用可能会增加DV1量的精度误差。

使用 Thermosel 加热系统时，操作者要稳定盛样器温度为测试温度。

1) 将适量 HT 粘度标准液加入 HT-2 样品杯。样品量随使用的转子变化。

当使用 Thermosel 系统，操作人员要控制加热器的样品杯在测试温度。**不要使用 Thermosel 加热器控制低于 15°的环境温度。**参阅加热器使用说明书。

2) 将样品杯放入盛样器。

3) 将转子连接到DV1转子放入待测流体中，连接延长钩，连接螺母和自由悬挂转子（或直接连接实心转子）。

4) 控制温度 30 分钟，使粘度标准液、样品杯和转子达到测试温度。

5) 测量粘度并记录粘度计读数（包括%扭矩和cP值）。**注意：在读数之前，转子转动至少 5次。**

使用 ULA 或 DIN 适配器的校准步骤

使用 ULA 或 DIN 适配器，水浴稳定在合适的温度：

1) 将适量的粘度标准液放入 ULA 管式套筒（样品杯）（参阅 ULA 适配器的使用说明书）。

2) 将转子（延长钩和连接螺母）连接到 DV1

3) 套筒连接到安装托架。

4) 降低套筒放入水浴容器，或使用 ULA-40Y 水浴夹套，连接水浴的入口/出口到水浴外的循环泵上。

5) 控制温度 30 分钟，使粘度标准液、样品杯和转子达到测试温度。

6) 测量粘度并记录粘度计读数（包括%扭矩和cP值）。**注意：在读数之前，转子转动至少 5次。**

升降支架和 T 型转子的校准步骤

使用升降支架和T型转子：

- 1) 取下T型转子，选择标准粘度计转子LV (#1-3) 或 RV/HA/HB (#1-6)。根据之前LV (#1-3) 和RV/HA/HB (#1-6)转子的校准过程进行操作。
- 2) T型转子不能用于DV1粘度计校准。

螺旋适配器的校准步骤

博勒飞推荐两步校准。首先，使用标准粘度计转子LV (#1-3) 或 RV/HA/HB (#1-6)验证校准粘度计，详情参见本附录。第二步校准，用螺旋适配器验证校准粘度计。附件设备的使用可能会增加DV1量的精度误差。

- 1) 粘度标准液（在适当的容器中）放入水浴（参阅螺旋适配器使用说明书）。
- 2) 将转子连接到粘度计。连接样品杯（SA-1Y）和固定夹连接到粘度计上。
- 3) 降低DV1测量位置。在50或60 RPM下操作粘度计，直到样品杯完全淹没。
- 4) 将粘度标准液和转子一起浸入到水浴中，在测试前周期性搅拌液体（在50或60 RPM下操作），恒温时间要足够。**注意：**不要引入气泡。
- 5) 1 小时后，用一个精确的温度计检查粘度标准液的温度。
- 6) 如果流体是在测试温度（规定温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，通常为 25°C ）下，测量粘度并记录粘度计读数（包括%扭矩和 cP 值）。**注意：在读数之前，转子转动至少 5 次。**
- 7) 粘度读数应在标准液cP值的允许范围内（考虑粘度计精度和粘度标准液误差，在本附录标题为“校准测试结果的解释”会讨论）。然而，仪器的精确度是最大粘度范围的 $\pm 2\%$ ，而不是标准的1%。

锥板型粘度计的校准步骤

- 1) 按照上述步骤机械调整锥型转子的设置。
- 2) 参照附录A的表A-1，确定所选转子合适的样品量。
- 3) 选择粘度标准液，粘度读数介于满量程的10%和100%之间。锥型转子的粘度范围，请参阅附录B。锥/板粘度计不使用粘度值大于5000cP的硅油型粘度标准液。博勒飞提供了一系列适用于锥/板粘度计的矿物油粘度标准液，如表F-2所示。如需选择合适的标准液，请咨询博勒飞或其授权经销商。最好使用接近给定锥型转子/转速组合的最大粘度的粘度标准液。

例如： DV1MLV 粘度计，锥型转子 CP-42，流体 10 cps
在 25°C ，粘度为9.7cP。

转速为60RPM时，满量程粘度范围是10.0cP。因此，粘度计的%扭矩读数应为97%和粘度值为 $9.7\text{cP} \pm 0.197\text{cP}$ （粘度计误差的0.1cP加上标油误差的0.097cP）。精确度为粘度计和标油公差之和（参阅“校准测试结果的解释”）。

- 4) 粘度计停止，取出样品杯，将粘度标准液倒入杯中。
- 5) 将样品杯连接粘度计。留出足够的时间让温度达到平衡。通常情况下，您至少需要等待15分钟。如果转子和样品杯已经达到测试温度，需要的时间可以减少。
- 6) 测量粘度，记录粘度计上的读数：%扭矩和厘泊值（cP）。

注意：在粘度读数之前，转子必须转动至少5次。

校准测试结果的解释：

校准DV1粘度计，仪器和粘度标准液误差必须结合起来，以计算出总的允许误差。

当使用 LV (# 1-3), RV/HA/HB (# 1-6) 转子时, DV1 粘度计的精确度为粘度测量范围的 ±1%。当 DV1 用附件设备, 如小量样品适配器 SSA、ULA 适配器、Thermosel 加热器、螺旋适配器或 DIN 适配器, 精度误差可能会增加。一般情况下精度误差的增加极小, 可是在使用时, 它可能会达到测量范围的 1%, 从而总精度为测量范围的 ±2%。

博勒飞粘度标准液的精度是其标注值的 ±1%。

例1: DV1MRV使用RV-3转子, 转速为2RPM; 使用标准液为博勒飞标准液12500, 25°C 时的粘度为12,257 cP, 计算粘度计的可接受范围:

1) 计算满量程粘度范围公式:

$$\text{FSR满量程粘度范围[cP]} = \frac{\text{TK} * \text{SMC} * 10,000}{\text{RPM}}$$

其中:

TK = 1.0 (Table D-2)

SMC = 10 (Table D-1)

$$\text{FSR满量程粘度范围} = \frac{1 * 10 * 10,000}{2} = 50,000 \text{ cP}$$

则粘度计的粘度误差为(+/-) 500 cP (这个值为50,000的1%)。

2) 标准液的粘度为12,257cP。它的允许误差为12257的 (+/-) 1%或 (+/-) 122.57cP。

3) 总的允许误差为 (122.57+500) cP= (+/-) 622.57cP。

4) 因此, 任何在11,634.4和12,879.6cP之间的粘度读数可以表明粘度计是正常运行状态。在这个范围外的任何读数可能表明粘度计出现问题。请联系博勒飞或您当地的博勒飞经销商/分销商, 以确定问题所在。

例2: DV1MRV粘度计使用小量样品适配器SSA的SC4-21转子, 转速为10 RPM; 使用标准液为博勒飞标准液12500cps, 25°C时的粘度为12,257 cP, 计算粘度计的可接受范围。

1) 满量程粘度范围公式计算当前组合下粘度计的满量程粘度范围, 或查看粘度计上显示的满量程粘度, 为25,000cP。则粘度计的粘度误差为(+/-) 500 cP (即: 25,000cP的2%)。

2) 标准液的粘度为12,257cP。它的允许误差为12257的 (+/-) 1%或 (+/-) 122.57cP。

3) 总的允许误差为 (122.57+500) cP= (+/-) 622.57cP。

4) 因此, 任何在11,634.4和12,879.6cP之间的粘度读数可以表明粘度计是正常运行状态。在这个范围外的任何读数可能表明粘度计出现问题。请联系博勒飞或您当地的博勒飞经销商/分销商, 以确定问题所在。

附录 G Brookfield AMETEK 护腿

护腿最初的设计目的为在粘度计使用过程中，保护转子。Brookfield粘度计的第一个应用是包括手持式测量一个55加仑鼓形圆桶中的流体粘度。显然在那种条件下对转子的潜在损坏会很严重。最初设计包括用一个套筒防止转子受到侧面撞击。早期RV护腿连接到表盘式外壳上，LV护腿是用一个扭转锁定装置连接到转轴罩杯上。

目前的护腿是一个带支架的U形金属环，顶部连接到博勒飞粘度计/流变仪的转轴罩杯上。因为它必须连接到转轴罩杯上，所以锥板型仪器不能使用护腿。护腿适用于所有的LV和RV系列仪器，但不适用于HA或HB系列。护腿为转子而设计，形状如图G-1和G-2所示。由于RV的#2转子直径大，因此RV护腿要比LV的护腿宽。两者不可互换使用。

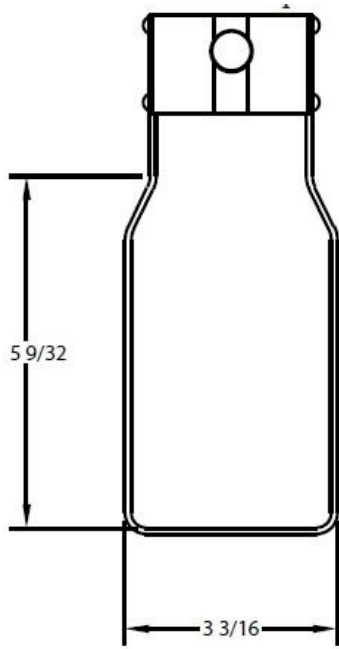
Brookfield 粘度计/流变仪的校准需要使用 600 毫升浅型烧杯。LV 和 RV 系列仪器的校准需要加装护腿。烧杯壁（HA/ HB 仪器）或者护腿，（LV/ RV 仪器）称为测量的“外边界”。LV、RV 和 HA/ HB 转子的转子因子是根据上述边界条件计算出来的。转子因子用于将仪器扭矩（表示为表盘读数或%扭矩值）换算为厘泊。理论上，如果测量是在不同的边界条件下进行，例如，不使用护腿或在一个非 600 mL 烧杯，则在因子表中的转子因子不能用来精确计算绝对粘度。边界条件的改变不会改变流体的粘度，但它会改变仪器的扭矩转换成粘度值（cP）。如果新的边界条件下而转子因子不变，则由仪器扭矩计算出的粘度将是不正确的。

实际上，使用LV和RV转子组合的#1和#2转子时（注意：RV/HA/HB #1转子不包括标准转子组合在内），护腿的影响最大。其他LV（#3 & #4）或RV（#3 - #7）转子在600ml烧杯中，用或不用护腿都可以得到正确的结果。HA和HB系列粘度计/流变仪不提供护腿，以减少测量高粘度物料时的潜在问题。HA/HB的#3~#7转子与对应编号的RV系列转子是相同的。HA/HB的#1和#2转子和对应编号的RV转子在尺寸上则略有差别。尺寸的不同允许RV和HA/HB的#1和#2转子即使在边界条件不同的情况下，也可使仪器扭矩按相同的比例变化。

使用推荐的测量程序是使用 600 毫升的烧杯和护腿，对于某些用户而言，这种方法可能会有困难。同时，护腿也是一个需要清洗的部件。在某些应用中，可能无法在 600 毫升的烧杯中将转子浸没到 500 毫升的测量样品。实际上，可以使用较小的容器并卸下护腿。博勒飞粘度计/流变仪在任何测量环境下都可以得到一个精确和可重复的扭矩读数。但是，只有因子在规定条件下使用，扭矩读数转换为厘泊才是正确的。在《More Solutions to Sticky Problems》中，博勒飞介绍了一种在任何测试环境中重新校验博勒飞粘度计/流变仪的方法。值得注意的是，对于许多粘度计/流变仪的用户而言，真实的粘度值并不一定比可以天天重复得到的测量值更重要。不改变测量环境的情况下，可获得这个重复的测量值。但是，必须需要知道的是，即使使用 Brookfield 因子，但其边界条件不符合博勒飞所规定，则这种类型的扭矩读数不能转换为正确的厘泊值。

护腿是博勒飞LV和RV系列粘度计/流变仪的校准检查的一部分。我们的用户应该知道它的存在、目的和对测量数据的影响。有了这方面的知识，粘度计的用户可以改进Brookfield所推荐的操作方法，以适应自身的需求。

B-21Y 护腿：适用于 RV 机型



B-20Y 护腿：适用于 LV 机型

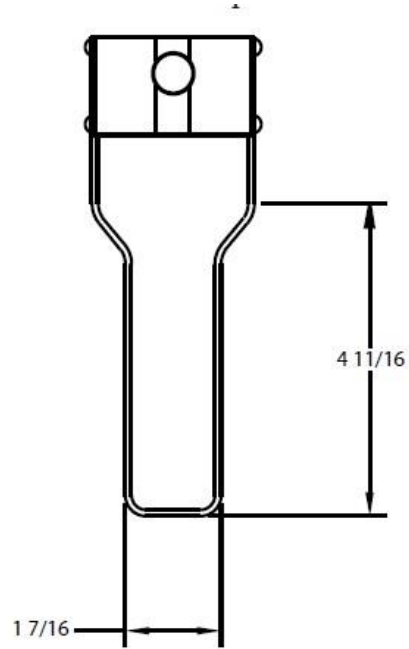
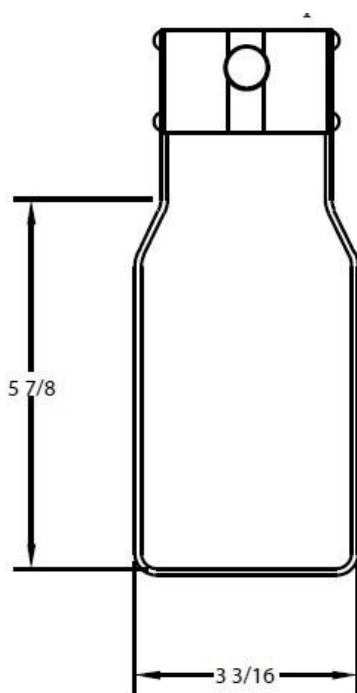


图 G-1 Brookfield AMETEK 护腿

B-21KY 护腿：适用于 RV 机型



B-20KY 护腿：适用于 LV 机型

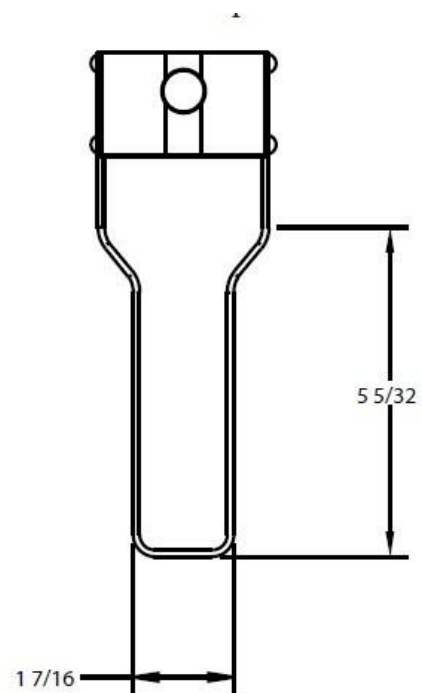


图 G-2 Brookfield AMETEK EZ-Lock 转子系统护腿

组装 (参照图 H-1)

1. 从纸箱取出底座组件。
2. 将直立杆上的螺丝和垫圈取下。将杆和夹具组件装到底座上的孔内。

注意: “Front”为管夹朝向您的方向。

3. 稍微旋转杆/夹具组件杆的底部，插入底座的凹槽中。
4. 握住杆和底座，插入有槽螺丝和垫圈，如图所示，并拧紧。
5. 调整螺丝，使夹具组件在直立杆上固定。

粘度计安装

将粘度计固定杆插入到夹具组件的孔（插槽）中。由右向左旋紧旋钮（顺时针方向），调整仪器水平直至气泡居中。使用水平调整螺丝，精确调整粘度计的水平。

注意：如果数显式粘度计不能水平，检查以确保直立杆是齿条向前安装。



警告：除非粘度计的安装杆插入夹具中，否则不要拧紧夹具组件旋钮。

注意：如果夹具从立杆上离开，旋紧嵌件（Part No. VS-29）将其适当固定在立杆上。

旋转上下升降旋钮提高或降低粘度计。如果不能向上/向下调整粘度计，如太松或太紧，可调整螺丝的松紧度。

附录 I DVE-50A 探针夹

DVE-50A 探针夹随 DV1 粘度计可选配的温度探针提供，用于将 RTD 温度探针固定在 LV/RV 护腿上或 600 毫升浅型烧杯中。图 I-1 为探针夹图，展示 RTD 探头的插孔和适合 LV 护腿的插槽。将 RTD 探针插入探针夹，通过下压在图 I-1 中所示点便可以使用这个夹子。



图 I-1

图 I-2 展示了探针夹（插入 RTD 温度探针）安装在护腿上

图 I-3 展示了探针夹装在一个 600 毫升浅型烧杯中。这种安装方式可用于 LV, RV, HA 和 HB 系列仪器。

注意：RTD 探针必须平行于杯壁，以便不干扰粘度测量。

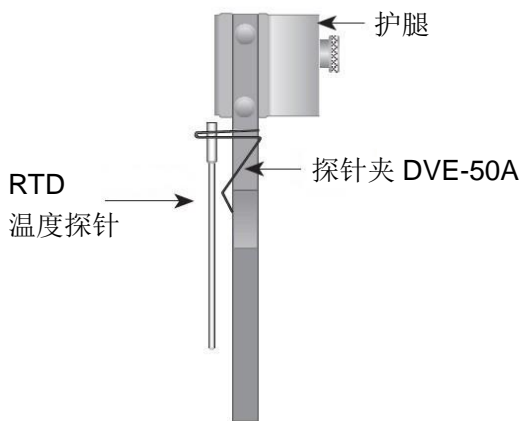


图 I-2

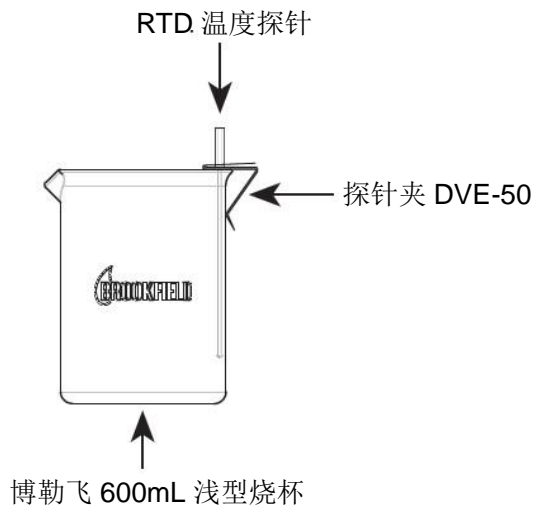


图 I-3

附录 J 故障诊断和排除

● 转子不旋转

- ✓ 确认粘度计已接通电源。
- ✓ 检查粘度计的额定电压（115，220V），必须和供电电压匹配。
- ✓ 确保电机为 ON。
- ✓ 确认转速：确认转速已经被准确选择。

● 旋转时转子摆动或看起来弯曲

- ✓ 确认转子已安全固定在粘度计的连接头上。
- ✓ 检查所有其他转子的平直度，如果弯曲则需要更换。
- ✓ 检查粘度计连接头和转子连接处的螺纹部位是否有污垢，用 3/56 左旋螺纹丝锥清洁连接处。
- ✓ 检查螺纹的磨损，如果螺纹磨损，设备需要维修（见附录 L）。检查转子旋转时是否有偏心旋转或摆动。当转子在空气中旋转进行测试，转子底部的每个方向（共 1/16 英寸）有一个允许跳动 1/32 英寸的允许误差。
- ✓ 检查转子连接头是否出现弯曲；如果弯曲了，设备需要维修（见附录 L：保修和售后服务）。

● 振荡检查

- ✓ 停止电机旋转，取下转子；选择显示 % 扭矩模式。
- ✓ 轻轻推高粘度计连接头。
- ✓ 转动连接头，直到显示屏上数字显示数值为 10-15%。
- ✓ 轻轻放开连接头。
- ✓ 查看数字显示；您会看到 % 数字的变化，变化的数字最终应该停止在 0.0 (+/- 0.1)。

如果数字显示不回零，这个仪器很有可能需要维修。如何返修仪器详见附录 L。

● 读数不准确

- ✓ 确认转子、速度和机型选择。
- ✓ 确认测试参数：温度、容器、体积、方法。参考：
•“More Solutions to Sticky Problems”，章节 3 的 3.4 部分，Viscosity Measurement Techniques
- ✓ 执行校准检查；按照附录 F 中的说明。
- ✓ 确认误差计算的正确性。
- ✓ 确认校准检查程序是否正确执行。

如果发现仪器超出允许误差范围，设备可能需要维修。详见附录 L 保修和售后服务。