

美国 **BROOKFIELD** 博勒飞

DV-S 粘度计

操作手册

手册编号 No.: **CM12-354**



SPECIALISTS IN THE
MEASUREMENT AND
CONTROL OF VISCOSITY

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC.

11 Commerce Boulevard, Middleboro, MA 02346-1031 USA

TEL 800-628-8139 or 508-946-6200 FAX 508-946-6262

www.brookfieldengineering.com (English)

www.brookfield.com.cn (Chinese)

目 录

I. 简介	3
I.1 仪器组成	3
I.2 规格	4
I.3 技术指标	4
I.4 安装方法	5
I.5 安全标志和警告	5
I.6 控制面板介绍	5
I.7 仪器清洗	6
II. 操作说明	7
II.1 接通电源	7
II.2 选择转子	7
II.3 转速的选择和设定	8
II.4 自动显示量程以及 CGS 和 SI 单位制的选择	9
II.5 超出测量范围	10
II.6 粘度测量	10
附录 A – 粘度范围	12
附录 B – 粘度测量中的变量	15
附录 C – 转子和机型代号	17
附录 D – 校验方法	19
附录 E – A 型实验室用粘度计安装支架	24
附录 F – 故障诊断和疑难解答	26
附录 G – 保修和售后服务	27

I. 简介

DV-S 是美国 Brookfield 博勒飞公司粘度计系列中的实验室仪器，它可以与 Brookfield 博勒飞产品系列的其它附件如超低粘度适配器、小量样品适配器、升降支架、螺旋适配器、恒温循环水浴或加热器附件等一起使用，从而构成适应范围宽广而全面的粘度测量系统。

DV-S 粘度计的测量原理是通过一个经校验过的铍-铜合金的弹簧，带动一个转子在被测流体中持续旋转，通过旋转式扭矩传感器测得弹簧的形变程度即扭矩，它与浸入样品中的转子被粘性拖拉形成的阻力成比例，扭矩因而与液体的粘度也成正比。DV-S 粘度计可以测定相当广泛范围的液体粘度（厘泊 cP 或毫帕斯卡.秒 mPa.s），测量的粘度范围与转子的大小、形状、转速以及所使用的容器以及弹簧的最大扭矩有关。

博勒飞 DV-S 系列粘度计有四种装配有不同形变扭力系数弹簧的型号可供选择：
弹簧形变扭矩越高，其测量范围越大，详细的量度范围请参阅附录 A。

型号	弹簧扭矩	
	dyne-cm	milli Newton-m
LVDV-S	673.7	0.0673
RVDV-S	7,187.0	0.7187

所显示的数值会因所选择的的计算单位（CGS 或 SI）而异

1. 粘度：可以显示 cP 或 mPa.s 值。
2. 扭矩：在 DV-S 粘度计显示的是达因.厘米或牛顿.米（均以弹簧扭矩的百分比%表示）。

不同单位换算关系：

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

这本手册里所用的单位都是 CGS 制单位。DV-S 粘度计显示屏可以显示相应的 SI 制单位。（参阅第 II.4 关于自动显示量程）

I.1 仪器组成

名称	数量
1) DV-S 粘度计	1 台
2) A 型实验室用支架	1 套
3) 转子数（根据型号配置其中一套）：	
LVDV-S: 4 支	1 套
RVDV-S: 6 支	1 套

4) 运输保护帽:	1 个
5) 电源线:	1 根
6) 护腿:	
LVDV-S	1 个
RVDV-S	1 个
7) 包装手提箱:	1 个

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。

1.2 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

功耗：小于 20 瓦

电源线颜色编码：

火线：棕色

中线：蓝色

地线：绿色/黄色

1.3 技术指标

转速： 0.3, 0.5, 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 10, 12, 20, 30, 50, 60, 100

重量：	毛重	9 kg	20 lb
	净重	7.7 kg	17 lb
	纸箱体积	0.05m ³	1.65 Cuft
	纸箱尺寸	48×25×38cm	19x10x15 in

操作环境：0-40°C（32-104°F）

20%-80%湿度：无冷凝水的空气环境中

粘度测量精度：所使用量程范围的±1%（详情请参阅附录 D）

重复性：全量程范围的±0.2%

电器认证：

符合 CE 标准：BSEN 50081-1: Emission Standard – Light Industrial
 BSEN 50082-1: Immunity Standard – Light Industrial
 BSEN 50081-2: Emission Standard – Light Industrial
 BSEN 50082-2: Immunity Standard – Light Industrial
 BSEN 61010-1: Safety requirements for electrical equipment, for
 measurement, control and laboratory use

1.4 安装方法

1. 根据附录 E，装配好 A 型支架，将垂直杆插入底座。垂直杆齿轮和装配夹具应朝着底座的前面。用固定螺母将直杆在底座的底部固定好。将水平螺钉装在底座上。
2. 将 DV-S 机头后的安装杆插入支架上夹具组件的孔中。确认此时 VS-41Y 旋钮是松的。
3. 当拧紧夹具旋钮时，调整粘度计使其尽量呈水平状态，然后拧紧旋钮。
4. 调节粘度计的水平，使机头顶部的水平气泡在黑色圆圈中。
注意：在仪器使用的时候，要时不时检查仪器是否处于水平状态。
5. 拆除转子接头上的保护帽。这个保护帽的作用是保护在运输过程中转子不受损坏。切记在仪器运转时一定要先摘下保护帽。
6. 确保粘度计背面上的电源开关处于关闭（OFF）位置，接上电源线。



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。

DV-S 粘度计必须接地以确保线路通顺！！

1.5 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。



可能出现的危险电压。



特别警告，避免个人受伤或仪器损坏。

警告标志



如果这个仪器不是在制造厂指导下使用的，那么由仪器自身提供的保护将会削弱。



这个仪器不能使用在有潜在危险的环境里。



在紧急情况下，关掉仪器并切断电源线和电源插座的连接。



用户应该确保此仪器测试的样品不会在测试温度下释放有毒或易燃的气体。

1.6 控制面板介绍

1. “马达开启”键：开关电机。

-
2. “自动显示量程”键：显示当前转子/转速组合下，可测量的粘度最大值（此时扭矩值为 100%）。粘度测量的允许误差是全程的 $\pm 1\%$ 。

注意：在电源打开时，按住“自动显示量程”键不放，可以选择显示粘度的单位是 CGS 制(cP)或 SI 制(mPa.s)。

3. “速度/转子”转换开关：
设定转子和转速。将开关拨到左边，进入转速选择状态；拨到右边，进入转子选择状态。

注意：这是一个有三个选择位置的转换开关。我们建议当你的转子和转速设定好后，此转换开关应拨到中间位置。这样可以避免在测试过程中发生参数的改变。

4. “选择”旋钮：用此旋钮可以选定想要的转速或转子（参阅附录 C 之表 C1）。当速度/转子按钮处在左边或右边时，顺时针旋转**选择**旋钮就可使转速或转子号增加，反时针旋转就可使转速或转子号变小。

1.7 仪器清洗



确定在清洗之前将转子从仪器上取下来。如果不取下来可能会导致仪器严重损坏。

仪器和面板按键的清洗：用干而柔软的布清洗。不要用溶剂或洗洁精来清洗。

浸入测量样品的仪器部件（转子）的清洗：转子是由不锈钢材料制成的，可用柔软的布和对样品有溶解力但对浸入部件没有腐蚀性的溶剂来清洗。



当清洗转子时，不要用力过猛，以免导致转子弯折。

II. 操作说明

II.1 接通电源

打开粘度计主机后面的电源开关。然后显示屏出现图 II-1 的信息。粘度测量的范围显示在左下角，图 II-1 显示的是 RV 型。



图 II-1

几秒钟以后，屏幕会显示：



图 II-2

过一会之后，荧屏显示默认界面为：

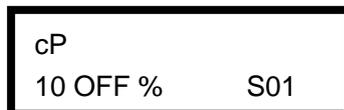


图 II-3

II.2 选择转子

LVDV-S 粘度计提供一套 4 支的转子和一个窄的护腿；RVDV-S 粘度计提供一套 6 支的转子和一个宽的护腿。（参阅附录 D 部分了解关于护腿的更详细信息。）

将转子连接到粘度计的连接头上，注意它是**左手螺旋线**方向的。在连接转子时要注意保护粘度计的连接头，并用手指轻轻提起它，这样可以避免承重系统中的钢针和宝石轴承座的强烈碰撞和摩擦。转子的螺帽和粘度计的螺纹连接头要保持光滑和清洁，以避免转子转动不正常。可以通过转子螺帽上的数字识别转子的型号。

DV-S 需要输入转子编号来进行粘度的计算。DV-S 粘度计存储器存储了所有标准转子和自定义转子的编号，每个转子的编号都是一个两位的数字（附录 C 里有所有转子的编号）。

注意：当电源关掉时，DV-S 粘度计会将当前使用的转子号保存下来，成为下次开机时的默认转子号。

将**速度/转子**转换开关拨到右边，然后旋转**选择**旋钮直到出现所想设定的转子号，将**速度/转子**转换开关拨回中间位置即可确定转子号，这样 DV-S 就可以用新的转子号来进行计算了。

参阅 Brookfield 出版的随机专著“More Solutions to Sticky Problems”，里面有讲述如何选择转子的内容供您参考。

注意：转子编号的输入请参阅附件 C。并不是所有的转子输入号码都跟它的编号一致，比如 LV1 转子的输入号码是 61，ULA 的转子输入号是 00。

II.3 转速的选择和设定

DV-S 粘度计有 18 个转速，见表 1。

0.3	10
0.5	12
0.6	20
1.0	30
1.5	50
2.0	60
2.5	100
3.0	
4.0	
5.0	
6.0	

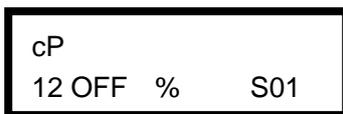
将**速度/转子**转换开关拨到左边，然后旋转**选择**旋钮直到出现所想设定的转速，将**速度/转子**转换开关拨回中间位置就可确定转速。

如果此时马达是处于开的状态，屏幕会在转速后显示“RPM”，例如设定的转速为 12RPM，如下图所示：

cP			
12 RPM	%	S01	

(马达开启)

如果此时马达是处于关的状态，屏幕会在转速后显示“OFF”。如下图所示：



cP
12 OFF % S01

(马达关闭)

图 II-4

注意：在马达开启状态下，任何转速的改变会即刻生效。要想采集多种转速下的数据，请将“速度/转子”转换开关拨到左边，这样比较容易改变转速。同样的，当马达关闭时，显示会停留在上次测量时的扭矩值和粘度值。

DV-S 粘度计采用光学信号感应并检测弹簧的扭矩变化，转动一圈有四个感应点。当转子在一个指定的速度下转动时，第一圈得到的四个感应扭矩值都会被记录，然后再平均。屏幕显示的是扭矩值(%) 和粘度值(cP 或 mPa.s) 的平均值。其后，下一个得到的扭矩值会和之前得到的三个扭矩值再次平均，然后重新计算出一个新的扭矩值(%) 和粘度值(cP 或 mPa.s) 并显示在屏幕上。这样周而复始，直到马达关闭停止运行。

仪器的固化软件就是采用这种算法来得到所有的粘度和扭矩读数的。所以当你需要在低转速下测量时，要等足够的时间来让仪器扭矩感应器感应粘度的变化。

另外也需要运行一段时间让读数稳定。读数稳定的时间长短视乎粘度计运行的速度以及样品的性质。为了保证读数的准确性，我们建议扭矩百分数应在 10 % 以上范围读取数据。详情请参阅附录 B 或 Brookfield 出版的“More Solutions to Sticky Problems”一书。

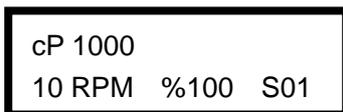
注意：当转速低于 1RPM 时，要等更长的时间来让仪器扭矩感应器感应粘度的变化。

当电源关闭后，DV-S 粘度计会将用户所选择的转速和转子号存储下来。下次打开电源时，仪器屏幕显示就是上次测量所保存的转速和转子号。

请参阅“More Solutions to Sticky Problems”第三章关于怎样选取速度的内容。

II.4 自动显示量程以及 CGS 和 SI 单位制的选择

按“自动显示量程”键，可以得到当前转子/转速组合下可测量的最大量程。任何时间按此键，都可以看到当前粘度值变成了满刻度量程时的粘度值。这时扭矩百分读数为“%100”。图 II-5 显示的是用 RV 的 1 号转子在 10RPM 转速下的最大测量范围是 1000cP。



cP 1000
10 RPM %100 S01

图 II-5

在开电源的同时按住“自动显示量程”键不放，可以选择粘度的单位是 CGS (cP) 制还是 SI (mPa.s) 制。用下列方法改变单位：

1. 关闭电源。
2. 按住“自动显示量程”键不放，打开电源。

当粘度计电源关闭时，所选单位会保留下来。

	CGS	SI
粘度：	cP	mPa.s
	<i>1 cP = 1 mPa..s</i>	

II.5 超出测量范围

当超出 DV-S 的测量范围时，屏幕会有显示。当扭矩超过 100.0%，百分比读数、粘度均显示为 EEEE，如图 II-6 所示：

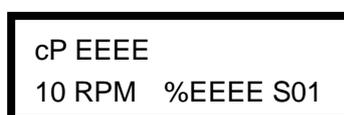


图 II-6

此时，你需要改变转速或转子。如果你选择的转速使扭矩值低于 10.0%，DV-S 粘度计的%（扭矩）和 cP（粘度）单位显示就会闪动，如图 II-7 所示。当转子完成一圈转动时，%（扭矩）和 cP（粘度）显示也会出现闪动。我们不建议用户在数字闪动的时候读取数据。

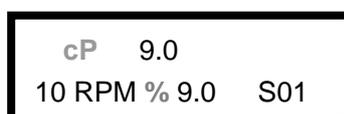


图 II-7

图 II-8 是扭矩为负数的情况：

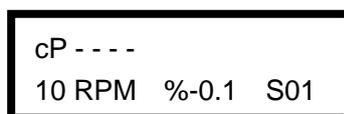


图 II-8

当%（扭矩）值低于 0 的时候，粘度值的显示为“----”。

II.6 粘度测量

当用标准转子配标准型号粘度计测量时，建议使用 600ml 的 Griffin 浅型烧杯，并遵从以下操作程序。

1. 安装粘度计的护腿（对于有护腿的 LV 和 RV 机型）。确认在未安装转子之前，马达要处于关闭状态。在安装转子时，轻轻抬起转轴，用一只手用力顶住，另一只手将转子连接到仪器机

头上的连接头上（注意是左手螺旋线方向）。避免用力推拉转子，以免损坏仪器。

2. 将转子浸入样品中至转子杆上的凹槽刻痕处。如果是圆盘式转子，注意要以一个角度倾斜地浸入样品中，以避免因产生气泡而影响测试结果。
3. 进行测量前，参照第 II 2、III 3 节操作指引，选择转子和转速组合，为了得到准确度高的测量结果，使扭矩百分比读数在 10-100% 范围内。粘度大的样品，使用面积小的转子和较低的转速；对于低粘度的样品，情况相反。对于非牛顿流体，转速/转子的改变会导致粘度读数的变化。另外，在读数前，应让测量保持一段时间让读数稳定下来，时间的长短取决于所用的转速和流体的性质。
4. 每当换转子或样品时，要按“**马达开启**”键使马达关闭。测量完毕后取下转子，然后清洗干净，放回装转子的盒中。
5. 有关数据结果的分析以及对非牛顿流体和触变性流体的粘度测试的讨论，请参阅随机附送的 Brookfield 出版的“More Solutions to Sticky Problems”书，以及**附录 B“粘度测量中的变量”**。

附录 A - 粘度范围

LV、RV 机型

Viscosity Range (cP)		
Viscometer	Minimum	Maximum
LVDV-S	15	2 M
RVDV-S	100	13 M

SSA 小量样品适配器和加热器

SSA/Thermosel Spindle	Shear Rate (1/SEC)	Viscosity (cP)
		LVDV-S
SC4-16 (SSA)	0.29 N	120 - 400 K
SC4-18 (SSA/Tsel)	1.32 N	3 - 10 K
SC4-25 (SSA)	0.22 N	800 - 1.60 M
SC4-31 (SSA/Tsel)	0.34 N	30 - 100 K
SC4-34 (SSA/Tsel)	0.28 N	60 - 200 K
HT-81 (Tsel)	1.29 N	3.5 - 10 K
SC4-82 (SSA)	1.29 N	3.5 - 10 K
SC4-83 (SSA)	1.29 N	11.0 - 38 K

SSA/Thermosel Spindle	Shear Rate (1/SEC)	Viscosity (cP)
		RVDV-S
SC4-14 (SSA)	0.40N	1.25K - 4.2 M
SC4-15 (SSA)	0.48N	500 - 1.7 M
SC4-21 (SSA/Tsel)	0.93N	50 - 170 K
SC4-27 (SSA/Tsel)	0.34N	250 -830 K
SC4-28 (SSA/Tsel)	0.28N	500 - 1.7 M
SC4-29 (SSA/Tsel)	0.25N	1 K - 3.3 M
HT-81 (Tsel)	1.29N	36 - 10 K
SC4-82 (SSA)	1.29N	36 - 10 K
SC4-83 (SSA)	1.29N	121 - 50 K

K = 1,000

M = 1,000,000

N = RPM

ULA 适配器

UL Spindle	Shear Rate (1/SEC)	Viscosity (cP)	
		LVDV-S	RVDV-S
YULA-15 or 15Z	1.224N	1.0 - 2 K	6.4 - 2 K

DIN 适配器

DAA Spindle	Shear Rate (1/SEC)	Viscosity (cP)	
		LV DV-S	RV DV-S
85	1.29N	1.2 - 3.8 K	12 - 5 K
86	1.29N	3 - 10 K	36 - 10 K
87	1.29N	11 - 38 K	12 - 50 K

Spiral 螺旋适配器

DAA Spindle	Shear Rate (1/SEC)	Viscosity (cP)	
		LV DV-S	RV DV-S
SA-70	0.68-68 (1-100RPM)	100 - 98 K	1K - 1M

带 T-bar 转子的 Helipath 升降支架

T-Bar Spindle	Viscosity (cP)	
	LV DV-S	RV DV-S
T-A	156 - 62 K	2 K - 400 K
T-B	312 - 124 K	4 K - 800 K
T-C	780 - 312 K	10 K - 2 M
T-D	1.5 K - 624 K	20 K - 4 M
T-E	3.9 K - 1.5 M	50 K - 10 M
T-F	7.8 K - 3.1 M	100 K - 20 M

K = 1,000

M = 1,000,000

N = RPM

在用 DV-S 粘度计进行测量时，要考虑以下两种情况对低粘度测量结果的影响。

- 1) 对于任意的转子和转速组合，凡是在 10%-100% 扭矩范围内得到的数据都被认可。
- 2) 粘度测量必须在稳定的层流状态下进行，不要在湍流状态下进行。

第一种考虑是与仪器的精度有关。所有不同规格的 DV-S 粘度计的精度都等于所使用转子/转速组合下的最大测量范围的 (+/-) 1%。我们不建议在扭矩百分值低于 10% 的时候读取数据，就是因为此时的 (+/-) 1% 误差比较大。

第二个考虑涉及到流体流动的力学特性。所有的流变特性的测量都要求流体必须在层流状态下进行。层流就是指所有的物质颗粒因受到剪切力的作用在一个流层上发生的移动现象。对于旋转体系，这就意味着流体的移动路径是圆周形的。当施加到流体内部的作用力变得很大的时候，流体本身会被破坏变成湍流状态，这样流体颗粒的移动就变得很随意而无规律，利用标准的数学方法就很难对流动行为进行分析。这种湍流会使得粘度数值错误地偏高，出现非线性的结果，粘度读数的偏离程度与流体紊乱的程度有关。

对于下列形状的转子，我们发现大约在以下转变点会发生湍流的情况：

- 1) LV-1 转子：在 60RPM 下 15cP
- 2) RV-1 转子（可选件）：在 20RPM 下 100cP
- 3) ULA 适配器：在 60RPM 下 0.85cP

无论 RPM/cP 的比值是否高于上述数值，在这些剪切情况下湍流都会存在。

附录 B - 粘度测量中的变量

用任何型号的仪器进行测量时，都会有很多变量影响到粘度的测量结果。这些变量与仪器本身或所测试的样品本身有关。跟样品有关的变量就是流体的流变特性，而与仪器有关的变量包括了粘度计自身的设计以及所使用的转子几何形状。

流变特性

在粘度测量中，流体有几个流变特性被描述。我们可以根据流体的特性，选择相应的实验室仪器或在线仪器进行检测。

流体有以下两大分类：

牛顿流体 – 这类流体在不同的剪切条件下（不同的转速）测量都得到相同的粘度值，我们称这些在测量所用的剪切率范围内表现出牛顿流体行为特性的流体称为牛顿流体。

非牛顿流体 – 这类流体在不同的剪切条件下（不同的转速）测量得到不同的粘度值。他们有以下两种：

- 1) 不受时间影响的
- 2) 有时间依赖性的

不受时间影响的非牛顿流体意味着在一个指定的剪切率条件下，粘性行为不受测量时间的影响。

假塑性流体 – 假塑性流体的特征是随着剪切率的增加，其粘度会降低，我们也把这类流体称为“剪切变稀”流体。如果从低转速到高转速变化过程中读取粘度读数，然后从高转速回到低转速，粘度值会自行由低粘度回复到高粘度，这种流体具有与时间无关、假塑性和剪切变稀的特性。

有时间依赖性的非牛顿流体意味着在一个指定的剪切率条件下，粘性行为与测量时间成函数关系。

触变性流体 – 触变性物体的特点是在恒定的剪切率条件下粘度值是下降的。如果你设定粘度计在一个恒定的转速下测量，记录粘度随时间改变的读数，你会发现粘度如果是不断下降的，说明你的样品具有触变性。

在 Brookfield 出版的“More Solutions to Sticky Problems”书中，对流体流变学原理和非牛顿行为有很多讨论，可供您参阅。

与粘度计有关的变量

大多数的流体属于非牛顿流体，这些流体的粘度与剪切率和转子的几何形状有很大的关系。粘度计转子和样品杯的规格会影响粘度测量值。如果在 2.5rpm 下测得一个数据，在 50rpm 下测得第二个数据，二个数据会不同，因为不同的剪切率条件得到不同的测量数据。转速越大，剪切率也就越高。

对于一个给定的测量而言，剪切率大小由几个因素决定：转子的转速，转子的大小和形状，所使用的样品容器的尺寸和形状，以及容器壁和转子表面之间的距离。

要想得到重复性好的粘度测量数据，应该控制好以下几个实验条件：

- 1) 测量温度
- 2) 样品容器的大小（或转子/样品杯的几何尺寸）
- 3) 样品用量
- 4) 粘度计型号
- 5) 所用的转子（如果是使用 LVDV-S 或 RVDV-S，可以安装护腿一起使用）
- 6) 测试速度（或剪切率）
- 7) 测量时间的长短或记录时转子旋转的圈数

附录 C - 转子和机型代号

通过 DV-S 粘度计上的**选择**旋钮，可以让两位数的转子编号上下滚动。转子编号用来计算粘度数值。转子倍数常数（SMC）用于计算任意转子/转速组合下的满量程粘度值（参阅附录 D）。转子编号在表 C-1 中。

表 C-1

SPINDLE	CODE	SMC
RV1 (optional)	01	1
RV2	02	4
RV3	03	10
RV4	04	20
RV5	05	40
RV6	06	100
RV7	07	400
HA1 (optional)	01	1
HA2	02	4
HA3	03	10
HA4	04	20
HA5	05	40
HA6	06	100
HA7	07	400
HB1 (optional)	01	1
HB2	02	4
HB3	03	10
HB4	04	20
HB5	05	40
HB6	06	100
HB7	07	400
LV1	61	6.4
LV2	62	32
LV3	63	128
LV4	64	640
LV5	65	1280
SPIRAL	70	105

SPINDLE	CODE	SMC
T-A	91	20
T-B	92	40
T-C	93	100
T-D	94	200
T-E	95	500
T-F	96	1000
ULA	00	0.64
DIN-ULA	85	1.22
TSEL-DIN-81	81	3.7
SSA-DIN-82	82	3.75
SSA-DIN-83	83	12.09
ULA-DIN-85	85	1.22
ULA-DIN-86	86	3.65
ULA-DIN-87	87	12.13
SC4-14	14	125
SC4-15	15	50
SC4-16	16	128
SC4-18	18	3.2
SC4-21	21	5
SC4-25	25	512
SC4-27	27	25
SC4-28	28	50
SC4-29	29	100
SC4-31	31	32
SC4-34	34	64
SC4-37	37	25

表 C-2 是不同型号的 DV-S 粘度计编号和对应的弹簧扭矩常数。

表 C-2

VISCOMETER MODEL	TORQUE CONSTANT TK	MODEL CODE ON DV-S SCREEN
LVDV-S	0.09373	LV
RVDV-S	1	RV

附录 D - 校验方法

粘度计的准确性可通过使用 Brookfield 的粘度标准液来检定，标准液为牛顿流体，所以其粘度值在不同的转速（或剪切率）条件下测量都是相同的。标准液一般在 25°C 下校验，各种规格的标准液粘度范围请参阅表 D-1。

样品容器大小：对于粘度小于 30,000cP 的标准液，盛装容器为 600 毫升（有 500 毫升有效体积）的浅型烧杯。

对于粘度大于或等于 30,000cP 的标准液，直接使用盛装标准液的容器。

标准容器的内部直径：3.25"(8.25cm)

高度：4.75"(12.1cm)。

注意：可以使用比标准烧杯大的容器，但不建议使用比之小的容器。

温度：标准液标签上温度 (+/-) 0.1°C 范围内。

检定条件：根据操作说明安装好 DV-S 粘度计，水浴温度稳定在检验温度，对于 LV 和 RV 系列粘度计，需装上护腿。

25°C 标准液		高温标准液
粘度 (cP)	粘度 (cP)	用于 Thermosel 加热器附件
5	5,000	HT-30,000
10	12,500	HT-60,000
50	30,000	HT-100,000
100	60,000	
500	100,000	在三种粘度/温度条件下校验用
1,000		25°C, 93.3°C, 149°C
		请参阅 Brookfield 博勒飞产品目录
		了解更多这方面的信息

表 D-1 (硅油型标准液)

Brookfield 粘度标准液性能简介

通常来说，标准液因为是纯净的硅油类产品，其性能不会随时间而变化。但在使用过程中，标准液常常会因为混入溶剂、不同粘度的标准液或其它外界物质而受到污染。因此我们建议用户在标准液使用一年后，更换新的标准液。如果标准液未受到污染，可以循环使用。在 600mL 烧杯中使用的粘度标准液可以倒回标准液的原包装瓶中，留做日后之用。在小量样品适配器、超低粘度适配器、加热器或螺旋适配器中使用的标准液，因为用量很少，所以通常情况下我们建议使用一次就倒掉处理。

粘度标准液可以在常规实验室环境下保存。标准液的废弃处理应该根据当地法律要求和其物质安全资料表 (MSDS) 上的规定来进行。

Brookfield 不再给已经售出的标准液做第二次检定认证。我们会随标准液向用户提供从购

买之日起两年内有效的校证书。

Brookfield 的 LV, RV, HA, HB 型标准转子的校验方法

1. 把盛有标准液的容器放入恒温循环水浴中恒温。
2. 把 DV-S 粘度计降到测量位置（如果是 LV 或 RV 机型，记得使用护腿）。
3. 装上转子。对于圆盘形转子，为了防止有气泡附在转子上，先将转子以一个角度倾斜插入样品中，然后再安装到粘度计机头上。
4. 整套设备恒温至少 1 小时，并在测量前定时搅拌标准液，以确保温度均匀一致。
5. 1 小时后，用一支精度高的温度计测量标准液的温度。标准液的温度必须在指定温度的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 范围内（通常是 25°C ）。
6. 当标准液的温度达到测试温度，开始粘度测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

7. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

少量样品适配器 (SSA) 的校验方法

将 SSA 的水浴夹套的进/出水口与恒温水浴连接，设定并稳定好水浴的温度到测试温度。

1. 将适量的样品装入 SSA 适配器的样品筒里。每一个转子和相应的样品筒所需的样品量都不同的。（参考 SSA 适配器的操作说明）
2. 把样品筒装入水浴夹套中。
3. 将转子插入样品，利用延长挂钩把转子连接到 DV-S 粘度计上（或直接安装本身就是固定杆的转子）。
4. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

加热器 (Thermosel) 的校验方法

粘度计使用加热器附件一起做校验时，我们建议分两个步骤进行。

- A) 如果要单独评估粘度计，建议用标准转子 LV (#1-4) 和 RV, HA, HB (#2-7) 进行校验。
- B) 如果要评估粘度计和加热器共同使用的准确性，校验方法如下：
先将加热器的控制器设定并稳定好测试温度
 1. 在 HT-2 或 HT-2DB 样品筒中加入适量的 HT 型高温标准液，标液量随转子而变化。
 2. 把样品筒放入加热器的加热炉里。
 3. 将转子插入样品中，利用延长钩把转子连接到 DV-S 粘度计上。

4. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

超低粘度适配器（ULA）的校验方法

把水浴夹套的进/出水口与恒温水浴连接，设定并稳定好水浴的温度。

1. 在样品筒中加入适量的标准液。
2. 将转子插入样品中，利用延长钩把转子连接到 DV-S 粘度计上。
3. 把样品筒固定在安装槽上。
4. 降低粘度计，把样品筒浸入恒温水浴，或装上水浴夹套。
5. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。。
6. 开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

DIN 适配器附件的校验方法

当校验需要使用 DIN 适配器时，先设定并稳定好水浴的温度到测试温度。

1. 将适量的样品装入 DIN 适配器的样品筒里。每一个转子和相应的样品筒所需的样品量都不同的。（参考 DIN 适配器的操作说明）
2. 利用延长挂钩把转子连接到 DV-S 粘度计上。
3. 将样品筒降低放入水浴中，或装入水浴夹套中，并接上水浴外循环泵的进出口水管。
4. 恒温 30 分钟使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

螺旋适配器的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴。
2. 装上转子，套上外筒 SA-1Y，并固定在粘度计上。
3. 把粘度计降低到测量位置，让马达以 50RPM 或 60RPM 的速度旋转，一直到标准液溢出外筒。
4. 标准液和转子一起预热至少 1 个小时，并定期开动马达搅拌。
5. 1 小时后，用精密温度计测量当前温度。
6. 如果已经达到设定温度（通常为 25°C）的 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 范围内，开始测量并记录粘度值。

注意：在记录粘度读数前至少要让转子转动 5 圈以上。

7. 测得的粘度值应该等于读数加上粘度计和标准液的精度误差值（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

校验结果的分析 and 解释

当判定粘度计是否准确时，我们需要同时考虑仪器本身和标准液自身的误差。对于某种转子和转速的组合，DV-V 粘度计的测量误差为该组合下所能测量的最大粘度值的(+/-)1%。对于标准液，其误差范围是标称粘度值的(+/-)1%。

例子：

计算 RVDV-S 粘度计的 RV-3 转子在转速为 2RPM 的情况下，利用在 25°C 时粘度值为 12,257cP 的博勒飞粘度标准液 12,500 校验其准确性时，可允许的粘度误差范围。

- 1) 计算当前情况下能测量的满量程最大粘度值

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

TK 为弹簧扭矩常数，对于 RVDV-S 粘度计 **TK=1.0**，参阅表 C2

SMC 为转子倍数常数，对于 RVDV-S 的 #3 转子 **SMC=10.0**，参阅表 C1

$$\text{所以满量程粘度值} = \frac{1 * 10 * 10,000}{2} = 50,000\text{cP}$$

RVDV-S 粘度计在当前情况下误差为(+/-)500cP（50,000cP 的 1%）。

- 2) 标准液粘度的标称值为 12,257cP，所以其误差为 12,257 的(+/-)1% 或(+/-)122.57cP。
3) 总共的允许误差为（122.57+500）cP = (+/-)622.57 cP
4) 因此当读数在 11,634.4cP 和 12,879.6cP 之间时，证明该粘度计工作正确。否则，该粘度计需要进行检验和维修，请联系 Brookfield 博勒飞公司或代理商。

Brookfield 粘度计护腿

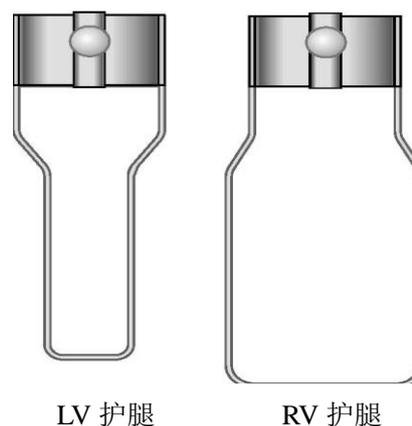
护腿最初设计的目的是为了保护在使用过程中的转子。护腿的第一次应用是用于 Brookfield 粘度计包括手持式粘度计测量 55 加仑鼓形圆桶中的液体粘度，显然在那种条件下对转子的潜在损坏会很严重。

现在的护腿是类似字母 U 形的金属环，在顶端有托架可以连接在 Brookfield 粘度计/流变仪的转轴罩杯上，护腿随所有的 LV 和 RV 型系列仪器配置，但 HA 或 HB 系列仪器不配置，它的形状设计和配套使用的转子相对应，RV 型的护腿宽于 LV 型，因为 RV #1（选购）转子直径更大，这两种护腿是不能互换使用的。

Brookfield 粘度计/流变仪的校验需要使用 600ml 浅型烧杯，LV 和 RV 型仪器的校验需要加装护腿，烧杯壁（对 HA/HB 仪器）或者护腿（对 LV/RV 仪器）称为测量的“外边界”，LV、RV、HA/HB 转子的转子因子是随上述外边界条件而变化的，转子因子是用于将仪器的扭矩（表示为表盘读数或 % 扭矩值）转换成厘泊。在理论上，如果测量是在不同的边界条件下进行，

例如没有护腿或不在 600ml 烧杯中进行, 在因子表上转子因子通常不能准确计算绝对粘度, 改变外边界条件不会改变流体的粘度, 但会改变仪器扭矩换算成粘度值 (cP)。不改变转子因子去适应边界条件, 从仪器扭矩到粘度的计算将是不正确的。

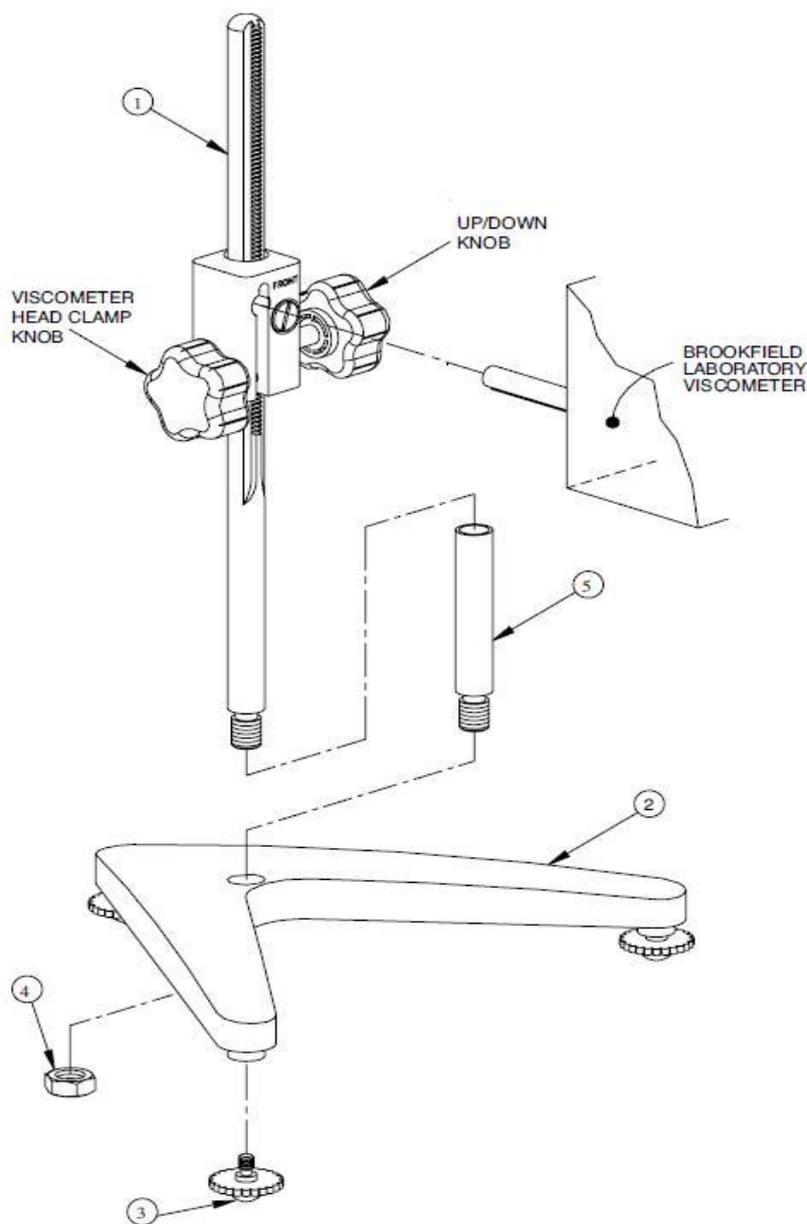
事实上, 在使用 LV 或 RV 转子中的 1# 和 2# 转子时, 护腿的影响是最大的。其它的 LV (#3 & #4) 或 RV (#3 - #7) 转子在 600ml 烧杯中, 用或不用护腿都可以获得正确的结果。HA 和 HB 系列粘度计/流变仪不提供护腿, 这是为了在测量高粘度样品时减少可能产生的问题。HA/HB 的 #3 到 #7 转子和 RV 转子是相同的, HA/HB #1 和 #2 转子和对应编号的 RV 转子尺寸略有不同, 尺寸的不同允许 RV 和 HA/ HB 的 #1 和 #2 转子因子即使在边界条件不同的情况下, 也可使仪器扭矩按相同的比例变化。



推荐的测量程序是使用 600ml 浅型烧杯和护腿, 但这样的使用方法对有些客户可能会有困难, 因为护腿需要更多的清洗。在有些应用中, 需要将 500ml 样品装入 600ml 烧杯并浸没转子是不可能, 因为样品量不够多。在实践中, 可以使用小一些的容器并卸下护腿, Brookfield 粘度计/流变仪在任何确定的测量条件下, 都可以给出准确和重复的扭矩读数。然而, 只有因子在规定条件下使用时, 扭矩转换成粘度才是正确的, Brookfield 已经在“More Solutions to Sticky Problems” Section 3.3.10 中对重新校验的方法做了概述。对很多的粘度计用户来说, 需要注意的是, 真实的粘度值不一定比可以天天重复得到的测量值更重要。在不改变测量环境的情况下, 可以获得重复的测量值。但是, 必须需要知道的是, 这种情况下, 当边界不符合 Brookfield 确定的条件下使用 Brookfield 因子, 扭矩读数不能转化成正确的厘泊值。

护腿是 Brookfield LV 和 RV 型粘度计/流变仪校验时的一部分, 我们的客户应该知道它们的存在, 它的目的和效果可能会体现在数据上。有了这些知识, 粘度计使用者可以改动 Brookfield 推荐的操作方法, 自己设定测量方法以适应自身的需求。

附录 E — A 型实验室用粘度计安装支架



ITEM	PART #	DESCRIPTION	QTY.
1	VS-CRA-14S	UPRIGHT ROD AND CLAMP ASSEMBLY	1
2	VS-1	BASE	1
3	VS-3	LEVELING SCREW	3
4	VS-21	JAM NUT	1
5	BLM-4E	ROD EXTENSION - 4" LONG *	OPTIONAL
6	VSXA-17A	CLAMP ASSEMBLY FOR EXPLOSION PROOF	OPTIONAL

*for use with Thermostol and Water Baths

图 E-1

附录 F — 故障诊断和疑难解答

以下列举了一些您在使用 DV-S 粘度计时可能会常见的问题。在您联系 Brookfield 前，请参阅。

转子不转

- 确认粘度计已接上电源。
- 检查粘度计的额定电压，电压必须匹配。
- 确认电源开关已在 ON 位置。
- 确认速度旋钮已恰当和牢固地设置在需要的速度上。

转子旋转是否摇晃或外观弯曲

- 确认转子已牢固地旋紧在粘度计连接头上。
- 检查所有转子的笔直性；如果有弯曲就必须更换。
- 检查粘度计连接头和转子接头处的螺纹部位有无沾污：使用 3/56 左手螺丝模对转子接头螺纹口进行清洁。
- 检查螺纹磨损，如果螺纹磨损，仪器需要维修（见附录 G）。
- 检查旋转时转子是否偏心或摇晃，允许的偏差是：测量转子在空气中旋转的转子底部，每个方向 1/32 英寸（总计 1/16 英寸）。
- 检查粘度计接头是否弯曲；如果弯曲了，仪器需要维修。

读数不准确

- 确认转子、转速和机型的选择是否正确。
- 确认测量参数：温度、容器、体积、方法。可参考：
 - "More Solutions to Sticky Problems"; Section II.2a — Considerations for Making Measurements
 - 粘度计操作指引手册；附录 B — 粘度测量范围
 - 粘度计操作指引手册；附录 C — 粘度测量中的变量
- 执行校验检查，按附录 D 操作说明。
 - 确认偏差的计算是否正确
 - 确认校验检查步骤是否正确执行

如果发现仪器超出允许误差范围，可能需要维修，请与 Brookfield 博勒飞公司或代理商联系。详见附录 G。

附录 G — 保修和售后服务

Brookfield 粘度计在购机后一年内材料和人工实行质量保证，粘度计必须返回 Brookfield 公司或购买的代理商处，保修服务是免费的，运费则由购买者承担，粘度计必须和原配转子一起装在包装箱内，见下：

- ❑ 卸下并收回所有转子（妥善包装以便运输）。
- ❑ 清洁仪器，除去剩余测试材料。
- ❑ 将所有测试样品的物质安全数据表（MSDS 表）和仪器装在一起。
- ❑ 装上运输保护帽保护转轴，见图 G-1。
- ❑ 将仪器置入原来的包装皮箱内，原包装箱可用就可立即运回 Brookfield 博勒飞公司或代理商，若原包装箱不能使用，就用足够的材料包裹或填充，不要使用泡沫或碎纸。
- ❑ 除非垂直杆、夹具或底座有问题，否则不需要发回实验室支架。如果支架有问题，从底座取下垂直杆，单独包裹避免相互碰到仪器，不要把实验室支架放入粘度计包装皮箱内。
- ❑ 填写 Viscometer Information Sheet（包括购买收货的信息），尽可能提供详细信息以便帮助快速服务，如果您没有此表，请附上您所遇问题和您所需要服务的备忘录，同时请附上购买时开具的销售发票复印件。
- ❑ 在运输箱外标注搬运标志，例：小心搬运、易碎品、精密仪器。

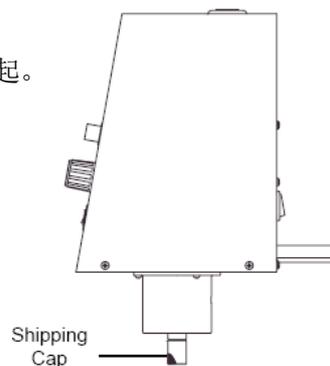


Figure G-1

制造商： Brookfield Engineering Laboratories, Inc.

11 Commerce Boulevard, Middleboro, MA 02346-1031 USA

Tel: 800.628.8139 or 508.946.6262

Website: www.brookfieldengineering.com

