

美国 **BROOKFIELD** 博勒飞

DVS 数显粘度计

操作手册

手册编号: **M16-357**



Instrumentation & Specialty Controls Division

11 Commerce Boulevard, Middleboro, MA 02302 USA
Tel: 508-946-6200 or 800-628-8139 (USA excluding MA)
Fax: 508-946-6262 Internet <http://www.brookfieldengineering.com>

目 录

I. 简介	3
I.1 仪器组成	3
I.2 部件和尺寸	4
I.3 电气规格	5
I.4 技术指标	5
I.5 安装方法	6
I.6 安全标志和警告	8
I.7 控制面板介绍	8
I.8 预防性保养和清洁	9
II. 入门指南	10
II.1 接通电源	10
II.2 选项	10
II.3 转子选择	11
II.4 转速选择	12
II.5 粘度单位	14
II.6 量程显示	14
II.7 超出量程	15
III. 粘度测量	16
III.1 快速入门	16
III.2 测量前的准备	16
III.3 转子和转速选择	17
III.4 运行测试	17
附录 A – 粘度范围	19
附录 B – 粘度测量中的变量	22
附录 C – 转子输入代码和 SMC/SRC 值	24
附录 D – 转子输入代码和量程系数	26
附录 E – 校准程序	28
附录 F – 粘度计护腿	33
附录 G – 粘度计支架	35
附录 H – 故障诊断和疑难解答	37
附录 I – 在线帮助和额外资源	38
附录 J – 保修和售后服务	39
粘度测试报告	40

I. 简介

Brookfield DVS 数显式旋转粘度计用于在指定剪切率下测量流体的粘度，可以与 Brookfield 产品的众多附件，如超低粘度适配器 ULA、小量样品适配器 SSA、升降支架、螺旋适配器、恒温循环水浴或 Thermosel 加热器等一起使用，从而构成适应范围广而全面的粘度测量系统。

DVS 粘度计的测量原理是通过一个经校验过的弹簧，带动一个转子在被测流体中持续旋转。转子所受到流体的粘滞阻力和弹簧的形变程度（即扭矩）成比例，扭矩因而与流体的粘度也成正比。弹簧的形变程度（扭矩）由光学扭矩传感器测得。DVS 粘度计可以测定非常宽范围的液体粘度（泊 P、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。

Brookfield DVS 粘度计有两种装配不同标准弹簧扭矩的型号可供选择：

型号	弹簧扭矩	
	dyne-cm	milli Newton-m
DVSLV	673.7	0.0673
DVSRV	7,187.0	0.7187

弹簧的扭矩越高，其测量范围越大，详细的粘度测量范围请参阅附录 A。

所显示的数值会因所选择的计算单位（CGS 或 SI）而异。

1. 粘度：DVS 粘度计可以显示 P、cP、Pa.s、mPa.s。
2. 扭矩：在 DVS 粘度计显示的是达因·厘米或牛顿·米（均以弹簧的扭矩百分比表示）。

不同单位换算关系：

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

本手册里所用的单位都是 CGS 制单位。DVS 粘度计显示屏可以显示相应的 SI 制单位。（参阅章节 II.6 量程显示）

I.1 仪器组成

请您仔细检查并确认已经收到以下所有的部件，且这些部件完好无损。如果缺少某些部件，请尽快联系 Brookfield 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或索赔。

名称	部件编号	数量
1) DVS 粘度计	取决于仪器机型	1
2) A 型实验室用支架	A 型支架	1
3) 转子数 (根据型号配置其中一套):	取决于仪器机型	
DVSLV: 4 支 (#61~#64)	SSL	1
或 DVSRV: 6 支 (#02~#07)	SSR	1
4) 运输保护帽	B-30-3Y	1
5) 电源	AV-6	1
6) 电源线(115V/230V)	取决于仪器机型	1
7) 护腿 (HA/HB 机型无护腿)		
DVSLV	B-20Y	1
或 DVSRV	B-21Y	1
8) 包装手提箱	DVS-106	1
9) 操作手册	M16-357	1

I.2 部件和尺寸

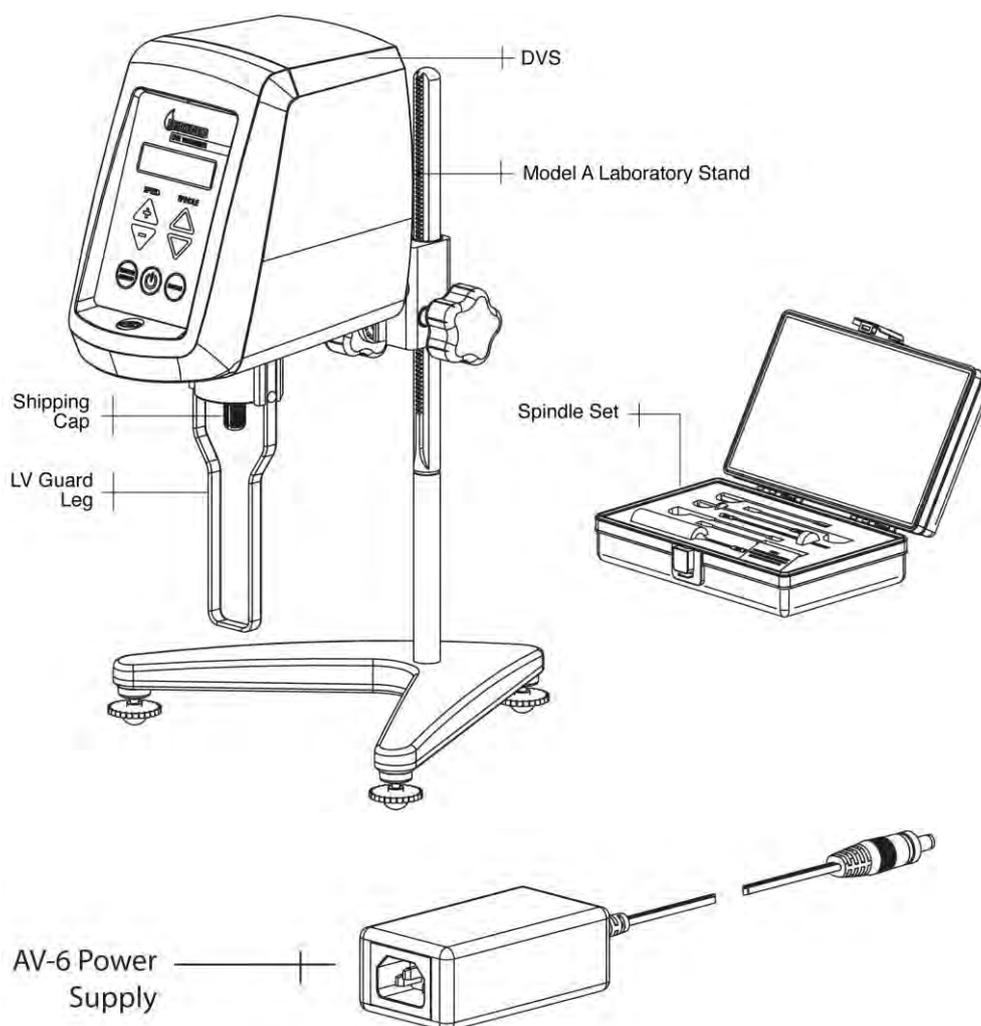


图 I-1

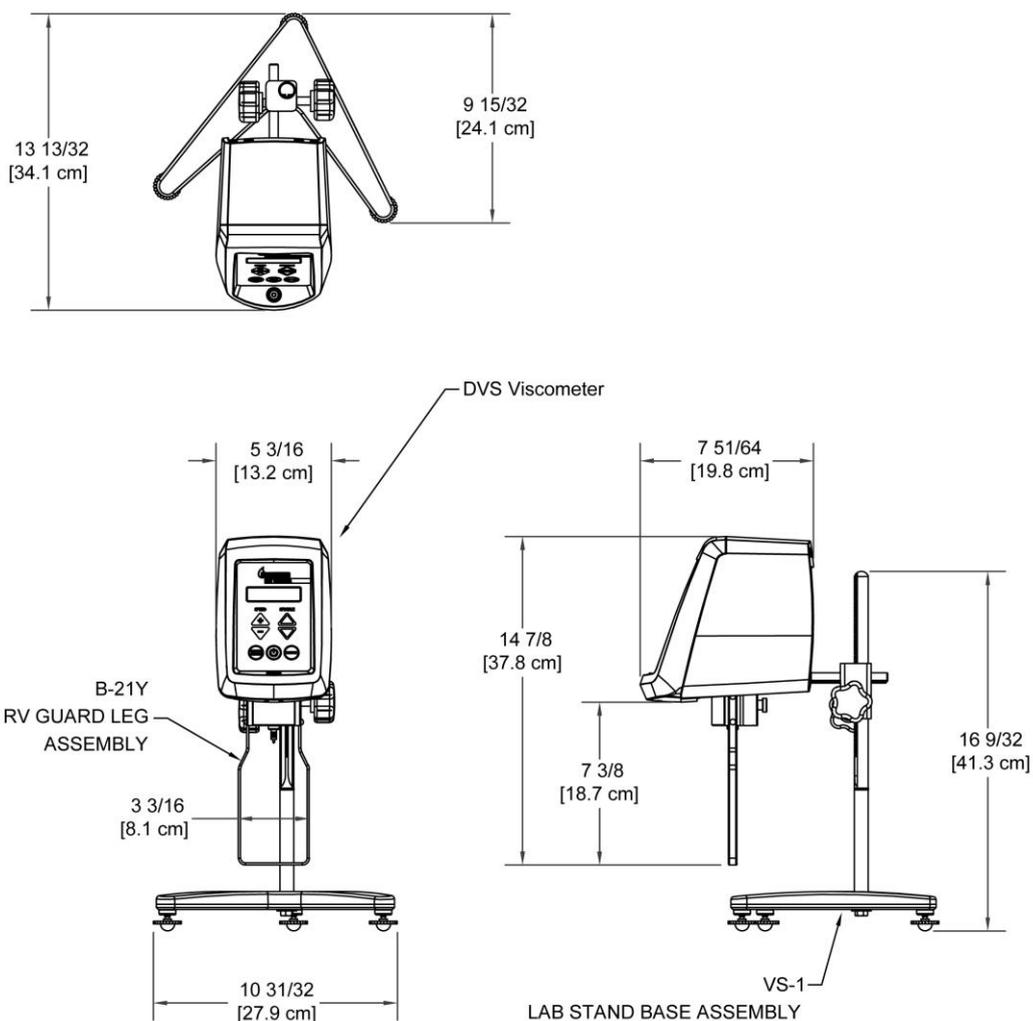


图 I-2

I.3 电气规格

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 ±5%

功耗：15 瓦，II 级认证插入式电源额定功率：12 V @ 1.25A



干线的供电电压不超过规定供电电压的±10%。



必须使用 AV-6 电源，替代电源可能会损坏仪器。

I.4 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 RPM

重量：毛重 10.9 kg 24 lb

净重 9.5 kg 21 lb

纸箱体积 0.07m³ 2.48 Cu ft

纸箱尺寸 53×30×43cm 21x12x17 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：所用量程范围的 $\pm 0.0\%$ （详情请参阅附录 E）

重复性：全量程范围的 $\pm 0.2\%$

防护等级：IP30 *

*当使用下列附件时：Thermosel 加热器、小量样品适配器、ULA 适配器、DIN 适配器、螺旋适配器、LV 转子护腿或 RV 转子护脚。否则，防护等级为 IP20。

电器认证：（符合 CE 标准）

BSEN 61326: Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements.

BSEN 61010-1: Safety requirements for electrical equipment, for measurement, control and laboratory use.

客户告示：



此符号表示该产品应在一个适当的处理中心回收。欧洲联盟以外的用户，请根据您当地的法律处理此产品。

1.5 安装方法

注意：您可以从我们的网站 www.brookfieldengineering.com 下载一个为您的数显粘度计操作和性能验证的“IQ/OQ/PQ”简短安装指南。更详细的 IQ/OQ/PQ 程序，请致电咨询我们。

1. 根据附录 G，装配好 A 型支架，将垂直杆插入放置于干净、干燥且无振动平面的支架底座中。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 DVS 机头后的安装杆插入支架上夹具组件的孔中。拧紧夹具旋钮前，从左到右尽量调节中心气泡呈水平状态。
3. 粘度计必须处于水平状态。使用底座上的三个水平调节螺丝来调节水平，使机头前端的水平气泡在圆圈中。

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。

4. 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接头不受损坏。切记在仪器运转时一定要先摘下保护帽。保留好保护帽，以备将来使用。
5. 将电源线连接到电源插座上，并将电源插头插入到合适电源。电源插头应正确插在粘度计背面的圆形插口。参考图 1-3。
6. 可选配件：按包装上的说明安装屏幕保护器。您可以在我们的 YouTube 频道：www.youtube.com/user/Brookfieldeng 获得额外的安装帮助。

- ⚠ 注意：必须使用 AV-6 电源，替代电源可能会损坏仪器电子元器件。
- ⚠ 注意：AV-6 电源必须接地，以达到电气认证要求。
- ⚠ 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。

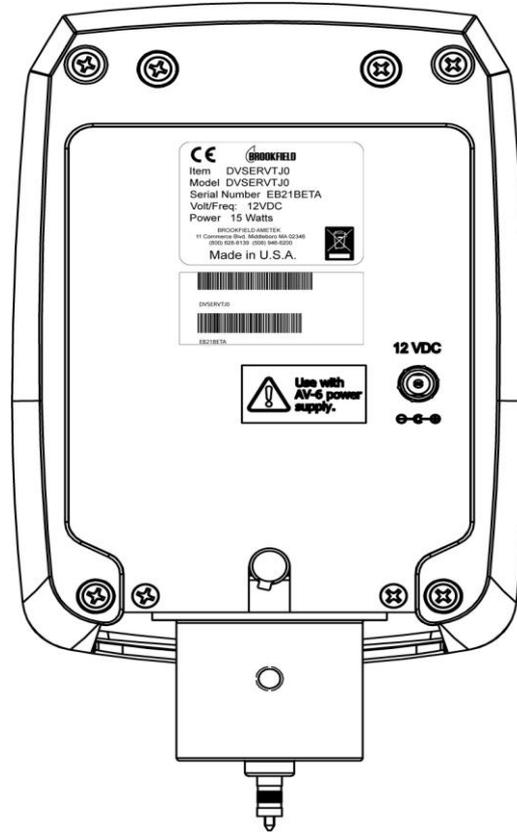
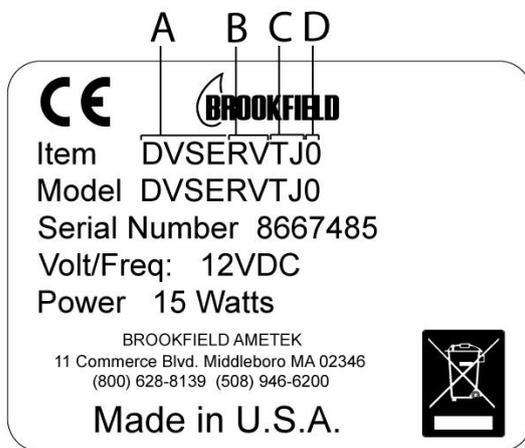


图 I-3

该仪器可以通过如下项目号或产品编号来确定。该项目号和产品编号出现在该仪器的后面的序列号标签上。下面是关于如何读取这些数据的解释说明。



- A – 仪器型号
- B – 扭矩量程 (LV/RV/HA/HB)
- C – T 代表标准螺纹连接
J 代表宝石轴承系统
- D – 未定义

1.6 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。



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家指导下使用，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。

1.7 控制面板介绍

右下图显示了 DVS 粘度计面板的控制键。每个按键的功能如下。对于其它的按键指令，参阅章节 II.2。



电源键

控制仪器开关



马达开关

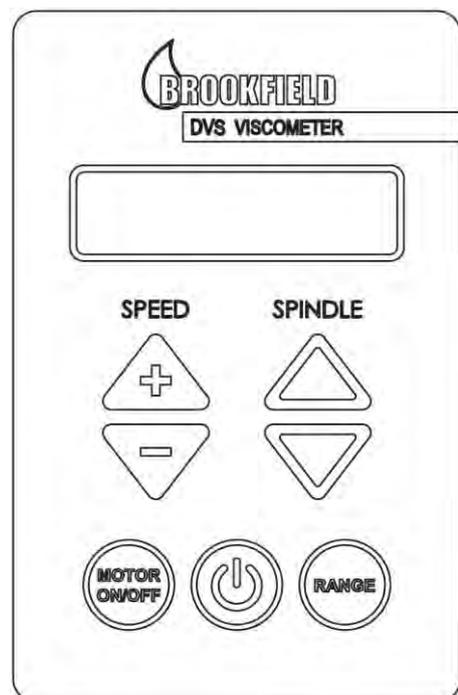
启动或关闭电机，启动或停止转子旋转，启动或停止当前测试。



量程显示

显示当前选择的转子/转速组合下（即：100% 扭矩时）可测的最大粘度值（称为全量程范围 FSR）。粘度计精度为 FSR 的 1% 粘度值；最小的有效粘度范围为最大粘度值的 10%。

注：量程显示在 Brookfield 粘度计的以前版本中被称为自动量程显示（Autorange）。



在选项屏幕中，量程显示键用来选择当前显示的选项或粘度单位，和/或退出选项屏幕。



转速 +

通过此键来向上滚动递增选择可选转速表中的转速。



转速 -

通过此键来向下滚动递减选择可选转速表中的转速。



转子（向上箭头）

通过此键来向上滚动递增选择可选转子表中的转子。在选项屏幕中，用来向上滚动选择可用的选项和粘度单位。



转子（向下箭头）

通过此键来向下滚动递减选择可选转子表中的转子。在选项屏幕中，用来向下滚动选择可用的选项和粘度单位。

1.8 预防性保养和清洁



确保仪器在一个洁净且干燥的工作环境中使用（无尘、温度适中、低湿度等）。



确保仪器放置于水平的工作台上。



执行操作时，手/手指必须干净，且无残留的样品。如果不这样做，可能会导致残积物在转轴上部，并且可能会影响转子和连接头之间的连接。



确保在清洁之前将转子从仪器上取下来。注意是左手螺纹。如果转子不取下来可能会导致仪器严重损坏。



当清洗转子时，请勿用力过猛，以免导致转子弯折。

仪器、按键面板和显示屏的清洁：在未使用按键面板保护器时，用干而柔软的布清洁。不要用溶剂或洗洁精来清洁。

浸入测量样品的仪器部件（转子）的清洁：转子和护腿是由不锈钢材料制成的，可用非研磨性的布料和适合于样品且对不锈钢无腐蚀性的溶剂来清洗。

II. 入门指南

II.1 接通电源

当接通电源后，DVS 粘度计会有一个通电的顺序。按下电源键后，粘度计会出现约 3 秒钟的 About 关于显示界面。About 关于显示界面显示如下图 II-1，包含了关于粘度计的几个关键参数：粘度计型号、扭矩（LV/RV/HA/HB 或其他）和固件版本号。About 关于显示界面也能从选项菜单中进入（参阅章节 II.2）。



图 II-1

提示：当您需要维修服务或技术支持而联系 Brookfield 时，记录并提交 About 关于显示界面的信息和序列号（位于仪器背面序列号标签）。

DVS 将自动从 About 关于显示界面切换到默认屏幕。默认的屏幕显示了操作者所选择的测量参数，包括：粘度测量值、转速、马达状态、扭矩%和转子（参见图 II-2）。



图 II-2

II.2 选项

DVS 粘度计提供了一个选项菜单，允许用户选择 About 关于显示界面、Service 服务和粘度计单位屏幕。这些功能提供了仪器制造和校准信息，访问维修服务文件和选择粘度显示单位的能力。选项菜单从默认屏幕上进入。所有的用户输入均通过按键面板进行（参阅章节 I.7 控制面板介绍）。

DVS 粘度计的几个键用于进入选项菜单。每个键的功能显示如下：



同时按下并保持转速+和转子（向上箭头）键，直接进入选项菜单。



按下转子（向上箭头）和转子（向下箭头）键，将滚动显示选项菜单、粘度单位和诊断屏幕。



按下量程显示键，将接受当前显示的选项和粘度单位屏幕。

About 关于显示界面显示了仪器启动时的信息，包括粘度计名称、粘度计型号（LV、RV、HA、HB 或其他）、粘度计操作系统的固件版本号以及校准参数的诊断屏幕。



Figure II-3

输入检修屏幕由 Brookfield 和授权维修服务商所用。此屏幕，用户无权限使用。



Figure II-4

粘度单位屏幕显示当前设置的粘度单位。出厂设定为 cP。要改变粘度单位，按转子向上或向下箭头键滚动到所需的单位，按下量程显示键即接受更改并返回到默认屏幕。



Figure II-5

II.3 转子选择

DVSLV 粘度计提供一套 4 支的转子和一个窄的护腿； DVSRV 粘度计提供一套 6 支的转子和一个宽的护腿。（参阅附录 F 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**方向的（参阅图 II-6）。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代码。

DVS 需要输入转子代码来进行粘度的计算。DVS 粘度计存储器存储了所有标准转子和自定义转子的代码，每个转子的输入代码都是一个两位的数字（附录 D 里有所有转子的代码）。

注意：当电源关掉时，DVS 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。并非所有转子都有一个和转子号一样的输入代码。例如：LV-1 转子的输入代码为 61，ULA 超低粘度适配器的输入代码为 00。



转子装卸过程中，须关闭马达。



图 II-6

在默认屏幕上按**转子**箭头键在可选的转子列表中滚动选择正确的转子代码。转子代码显示在屏幕上以后，DVS 开始使用新的转子参数来进行计算。随着转子代码的改变，FSR 满量程值也将随之改变。（参阅章节 III.3）

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来参考。

II.4 转速选择

DVS 粘度计有 18 个转速，这些转速符合标准 LVF、LVT、RVF、RVT、HAT 和 HBT 表盘粘度计，并且它们是按顺序组合。见下表 II-1。

DV-S粘度计转速列表	
 When scrolling "UP"	100
	60
	50
	30
	20
	12
	10
	6
	5
	4
	3
	2.5
	2
	1.5
	1
	0.6
	0.5
	0.3

Table II-1

注意：马达开启时，转速的改变并非瞬时。当输入转速更改时，可能会有一个加速或减速的时间过程。

默认屏幕显示当前所选定的转速。按转速的上下箭头在可选的转速列表中来滚动选择所需的转速。

提示：当设置一个测试程序时，应注意是否将数据与其他地方进行比较。如果数据必须进行比对，最好是使用与该粘度计扭矩量程相关的传统转速。这将确保所有的测试地方能够准确地使用相同的测试方法。

转速: LV - 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, 60
(RPM) RV/HA/HB - 0.5, 1, 2, 2.5, 4, 5, 10, 20, 50, 100

注意：DVS 采用步进电机调速技术，因此有一些电子噪音是正常的。噪音的水平随所选的转速而变。

当马达开关键一旦按下，粘度计将以所选的转速旋转转子。

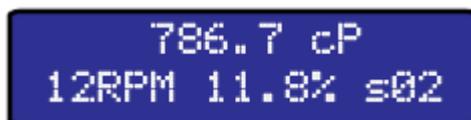


图 II-7 (马达开启)

当马达开关键再次被按下关闭时，“OFF”将显示在转速的旁边。



图 II-8 (马达关闭)

注意：在马达开启状态下，任何转速的改变将即刻生效。而当马达关闭时，显示会停留在上次测量时的扭矩%和粘度值。

DVS 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。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，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。扭矩%和 cP 粘度将持续闪烁，直至达到 2 转，并且扭矩%的值高于 10%。

当电源关闭后，DVS 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”第三章中关于怎样选取速度的内容。

II.5 粘度单位

粘度的单位可以用下面表格的换算关系来定义或设置。

单位缩写	单位	换算关系
cP	Centipoise	100 cP = 1 P = 100 mPAS = 0.1 PAS
PAS (PaS)	Pascal Second	1 PAS = 1000 mPAS = 1000 cP = 10 P
mPAS (mPa.s)	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来更改当前的粘度单位。要更改当前的粘度单位，同时按下并保持转速和转子箭头键进入选项菜单。使用转子上下箭头键来浏览粘度单位屏幕。按量程显示键来接受并确认粘度单位的所选项。要更改当前设置的粘度单位，按转子上下箭头键来滚动至所要选择的粘度单位。再按下量程显示键来确认更改，然后自动返回默认屏幕。

II.6 量程显示

在默认屏幕中按下量程显示键，可得到当前转子/转速组合下 DVS 粘度计可测量的最大量程。这个值表示当仪器的扭矩百分比读数为 100 时所显示的测量粘度。任何时候按此键，都可以看到当前粘度值变成并显示为满刻度量程（FSR）时的最大粘度值。此时，屏幕所显示的扭矩百分读数为 100%。一旦按下量程显示键，将显示最大粘度值和 100%扭矩。图 II-9 显示了 RV 2 号转子在 10 RPM 转速时的最大量程为 4000 cP (或 4000 mPa.s)。



图 II-9

Brookfield 推荐粘度测量的有效扭矩百分比在 10% ~ 100%之间。满量程（FSR）表示扭矩读数为 100%时的最大可测量值。可测量的最小粘度值则为满量程（FSR）的 10%（相当于扭矩百分比读数为 10%）。

满量程 (FSR) 读数与 DVS 的量程显示或老版本 Brookfield 粘度计的自动量程显示 (Autorange) 一致。

当使用标准转子 LV (61-64) 和 RV (2-7) 时, Brookfield 粘度计的精度表示为仪器满量程 (FSR) 的 1%。(参阅章节 I.4)

II.7 超出量程

DVS 给出了超出规定或超出量程的异常提示。当超出 DVS 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-10 所示。此时, 您必须要么降低转速, 要么使用更小的转子来纠正当前状态。



图 II-10

如果你选择的转速使扭矩值低于 10.0%, DVS 粘度计的% (扭矩) 和 cP (粘度) 单位显示就会不停闪烁, 如图 II-11 所示。此时, 您必须要么升高转速, 要么使用更大的转子来纠正当前状态。数字闪烁时, 请不要读取数据。



图 II-11

图 II-12 是扭矩为负数的情况。当扭矩%值低于 0 的时候, 粘度值的显示为“----”。



图 II-12

III. 粘度测量

III.1 快速入门

DVS 粘度计测试粘度的方法与 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 Brookfield 仪器的经验，这一章节内容可以帮您快速获得粘度数据。如果您之前没有使用过 Brookfield 粘度计，请跳过本章节。章节 III.2 中会有详细的阐述。

- A) 安装好粘度计，并调节粘度计处于水平状态（章节I.5）。
- B) 连接好粘度计电源，并开启电源（章节I.5）。
- C) 使用转子上下箭头键输入转子代码（章节II.3）。
- D) 使用转速上下箭头键输入转速（章节II.4）。
- E) 将转子放入样品中，并连接到连接头上。**注意：左旋螺纹。**
- F) 按下马达开关键开始测试。测试完成时，再次按下马达开关键关闭马达。
- G) 记录测试结果，包括扭矩%值和粘度值。
- H) 按下马达开关键，仪器将重复上一次的测试。

III.2 测试前的准备

- A) **粘度计：**开启DVS，调整水平并自动调零。使用底座底部的三个水平螺丝调整水平，并从粘度计机头前方的气泡水平仪确认仪器是否达到水平状态。调整水平螺丝，直至气泡处在中心区域内。在每次测试之前都要检查水平状态。

仪器处于水平状态是DVS正确操作的最基本要素。

- B) **样品：**待测流体(样品)必须放置在一个容器中。DVS的标准转子[LV (61-64), RV (2-7), 或 HA/HB (2-7)]是为配合600mL浅型烧杯（或直径为8.25cm的等同容器）的使用而设计。上述情况也适用于可选的RV-1、HA/HB-1转子。对于特殊的样品杯，如小量样品适配器SSA、超低粘度适配器ULA以及Thermosel加热器，可以采用Brookfield的其他转子系统。

Brookfield 推荐您为所选的转子选择合适的容器。为了操作方便，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。DVS 用规定的容器进行校准。替换的容器可以得到可重复的结果，但此结果有可能不是“真实的”。

LV (61-62)和 RV (1-2)转子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，但可能不是“真实的”结果。

当您和他人进行数据比较时，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时，必须要控制在规定的温度。当调节样品温度时，要确保样品容器、转子的温度和样品的温度一致。更详细的样品制备信息，请参阅我们的出版物《More Solutions to Sticky Problems》。

III.3 转子和转速选择

DVS 测试粘度的范围很宽。例如，DVSRV 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 A）。这个范围可通过使用不同的转子和多种转速来达成。

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。**合适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) 粘度范围与旋转速度成反比。

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/速度使读数高于 100%，则需要降低速度或选择更小的转子。

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的任意一种。

非牛顿流体测试得到的粘度会随着转子和/或速度的改变而改变。详情请参见我们的出版物《More Solutions to Sticky Problems》。

要进行粘度数据比较，必须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

通过按下马达开关键来开始粘度测试，所测的数据将在测试期间一直显示。当再按下马达开关键时结束测试，最终的测试数据将一直显示在 DVS 上，直至用户再按下任意一个键。当用标准转子 LV (61-64) 或 RV/HA/HB (2-7) 测量时，建议使用 600mL 的 Griffin 浅型烧杯，并遵从以下操作程序。

1. 调节 DVS 处于水平状态，并卸下转子。
2. 准备待测样品至 600mL 的 Griffin 浅型烧杯中。
3. 安装粘度计的护腿（如使用 LV-61、LV-62、RV-1 或 RV-2 转子）。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。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。**你会发现这种方式浸入转子比安装到粘度计上转子再浸入样品要方便。**调整转子至测试样品中央。将转子浸入样品中至转子杆上的凹槽刻痕处。使用安装支架来调整粘度计高度。



更换转子之前，请确认马达处于关闭状态。

-
4. 通过转子上下箭头键，输入转子代码至 DVS 粘度计。通过转速上下箭头键，输入转速。
 5. 按下马达开关键进行测量。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。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。
 6. 按马达开关键停止测试。如果您的测试程序要求采集的数据要超过某个速度，改变测试过程中的转速。
 7. 记录读数和相关的测试参数。Brookfield 建议您最少记录扭矩%值和粘度值。相关的测试参数包括：粘度计型号、转子型号、转速、温度、样品容器规格和测试时间。参阅附录后的样品粘度测试报告报表。清洁之前，取下转子和护腿。记住拆卸转子时，轻抬转轴连接头。将转子清洁干净后，放回转子盒中。参阅章节 I.9 清洁建议。
 8. 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 Brookfield 出版的“More Solutions to Sticky Problems”一书，以及本手册附录 B “粘度测量中的变量”。

附录 A – 粘度范围

LV (#61-64)、RV (#1-7) 粘度计

粘度范围 (cP)		
粘度计	最小值	最大值
DVSLV	15	2,000,000
DVSRV	100*	13,300,000

*使用可选的 RV-1 号转子（转子输入代码为 01）可测得最低粘度值。

桨式转子

Spindle	Torque Range	Shear Stress Range		Viscosity Range cP (mPa·s) @ 10 RPM	
		Pa	dyne/cm ²		
V-71	LV	NOT RECOMMENDED FOR USE ON LV TORQUE			
V-72	LV	.188-1.88	1.88-18.8	199 -	1990
V-73	LV	.938-9.38	9.38-93.8	996 -	9960
V-74	LV	9.38-93.8	93.8-938	4990 -	49900
V-75	LV	3.75-37.5	37.5-375	1996 -	19960
V-71	RV	.5-5	5-50	262 -	2620
V-72	RV	2-20	20-200	1110 -	11100
V-73	RV	10-100	100-1000	5350 -	53500
V-74	RV	100-1000	1000-10000	54300 -	543000
V-75	RV	40-400	400-4000	21300 -	213000

注意:

- 1) 1 Pa = 10 dyne/cm²
- 2) 1 cP = 1 mPa·s
- 3) 转速高于10 RPM时，可能会出现湍流现象，导致粘度读数比实际值虚高。

SSA 小量样品适配器和 Thermosel 加热器

SSA / Thermosel 转子	剪切率 (1/sec)	粘度范围 (cP)
		DVSLV
SC4-16	0.29 N	120 – 400,000
SC4-18	1.32 N	3 – 10,000
SC4-25	0.22 N	480 – 1,600,000
SC4-31	0.34 N	30 – 100,000
SC4-34	0.28 N	60 – 200,000
SC4-81	1.29 N	3 – 10,000
SC4-82	1.29 N	3 – 10,000
SC4-83	1.29 N	11 – 38,000

SSA / Thermosel 转子	剪切率 (1/sec)	粘度范围 (cP)
		DVSRV
SC4-14	0.40N	1,250 – 4,165,000
SC4-15	0.48N	500 – 1,660,000
SC4-21	0.93N	50 – 167,000
SC4-27	0.34N	250 -830,000
SC4-28	0.28N	500 – 1,660,000
SC4-29	0.25N	1,000 – 3,330,000
SC4-81 (Thermosel)	1.29N	37 – 10,000
SC4-82 (SSA)	1.29N	37 – 10,000
SC4-83 (SSA)	1.29N	121 – 50,000

ULA 适配器

ULA 转子	剪切率 (1/sec)	粘度范围 (cP)	
		DVSLV	DVSRV
YULA-15 or 15Z	1.22N	1 – 2,000	7 – 2,000
ULA-DIN-Y	1.29N	1 – 3,800	11 – 5,000

DIN 适配器

DAA 转子	剪切率 (1/sec)	粘度范围 (cP)	
		DVSLV	DVSRV
85	1.29N	2 – 4,000	12 – 5,000
86	1.29N	4 – 11,000	37 – 10,000
87	1.29N	11 – 38,000	121 – 50,000

Spiral 螺旋适配器

Spiral 转子	剪切率 (1/sec)	粘度范围 (cP)	
		DVSLV	DVSRV
SA-70	0.677-67.7N (1-100RPM)	98 – 98,500	1,000 – 1,050,000

带 T-bar 转子的 Helipath 升降支架

T-Bar 转子	粘度范围 (cP)	
	DVSLV	DVSRV
T-A	156 – 62,400	2,000 – 400,000
T-B	312 – 124,800	4,000 – 800,000
T-C	780 – 312,000	10,000 – 2,000,000
T-D	1,560 – 624,000	20,000 – 4,000,000
T-E	3,900 – 1,560,000	50,000 – 10,000,000
T-F	7,800 – 3,120,000	100,000 – 20,000,000

使用 DVS 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 DVS 粘度计的精度都等于所使用转子/转速组合下最大量程 (FSR) 的 (+/-) 1%。我们不建议在扭矩百分值低于 10% 的时候读取数据，因为此时的 (+/-) 1% 误差相对于仪器读数来说非常高。

第二个考虑涉及到流体流动的力学特性。所有流变特性的测量都要求流体必须在层流状态下进行。层流是指所有流体粒子因受到剪切力的作用在一个流层平面上发生移动的现象。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拐点会发生湍流的情况：

- 1) LV-1 转子：在 60RPM 下 15cP
- 2) LV-2 转子：在 200RPM 下 100cP
- 3) RV-1 转子（可选件）：在 50RPM 下 100cP
- 4) 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。由于它是一个粘性和惯性力之间的关系，并且会急剧变化，因此湍流开始时的粘度只能靠估测。对于牛顿流体，湍流开始仅是一个小偏差或粘度升高，然后迅速增长。基本上，湍流开始后就无特定的剪切，只有一个取决于流体类型的大概剪切范围。

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，然后从高转速回调到低转速，粘度值会自行由低粘度恢复到高粘度，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，转子的尺寸和形状，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。

要想得到重现性好的粘度测量数据，须控制好以下几个测试条件：

- 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) 样品量
- 4) 粘度计型号
- 5) 所用的转子
- 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
- 8) 护腿安装与否（LV 或 RV 机型）

附录 C – 转子输入代码和 SMC/SRC 值

Brookfield 标准粘度计的每个转子都有一个两位数的输入代码。通过 DVS 粘度计上的按键面板，可以输入两位数的转子代码。转子代码用来计算粘度值。当使用同轴圆柱体测量系统（SSA、ULA、Thermosel 加热器、DAA 等）和锥板测量系统时，也能计算剪切率和剪切应力值。

每个转子有两个系数用于这些计算。转子倍数系数（SMC）用于粘度和剪切应力计算，剪切率系数（SRC）用于剪切率和剪切应力计算。请注意：当 SRC=0，无法计算剪切率和剪切应力，且数据显示为 0。转子代码在表 C-1 中。

表 C-1 (续)

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
LV1	61	6.4	0
LV2	62	32	0
LV3	63	128	0
LV4 or 4B2	64	640	0
LV5	65	1280	0
LV-2C	66	32	0.212
LV-3C	67	128	0.210
SA-70	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

转子	输入代码	SMC	SRC
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
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 C-1 (接上一页)

表 C-2 是不同型号的 DVS 粘度计编号和对应的弹簧扭矩常数。

表 C-2

粘度计型号	扭矩系数	DVS显示屏代码
	TK	
DVSLV	0.09375	LV
DVSRV	1	RV

任何型号的 DVS 和转子的满量程粘度范围可以用公式计算：

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

其中，

TK = 表 C-2 中的 DVS 扭矩系数

SMC = 表 C-1 中的转子系数

剪切率计算公式：

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

其中，

SRC = 表 C-1 中的剪切率系数

附录 D – 转子输入代码和量程系数

量程系数是一个方便的工具参数，可以用来快速确定一个特定转子/转速组合可测量的最大粘度。确定了所使用的转子和粘度计扭矩量程范围（LV 或 RV），再在下表中查找到对应的量程系数，用该量程系数除以转子的转速即可得到所能测的最大粘度值（cP）。

例：RV 粘度计，使用 RV3 号转子，量程系数为 100,000。在 50 RPM 测量时，可测量的最大粘度值为 100,000/50 或 2,000 cP。

当使用标准粘度计时，两位数的输入代码用于识别所使用的转子。

表 D-1

转子	输入代码	量程系数	
		LV	RV
RV1	01	937	10,000
RV2	02	3,750	40,000
RV3	03	9,375	100,000
RV4	04	18,750	200,000
RV5	05	37,500	400,000
RV6	06	93,750	1,000,000
RV7	07	375,000	4,000,000
LV1	61	6,000	64,000
LV2	62	30,000	320,000
LV3	63	120,000	1,280,000
LV4 or 4B2	64	600,000	6,400,000
LV5	65	1,200,000	12,800,000
LV-2C	66	30,000	320,000
LV-3C	67	120,000	1,280,000
SA-70	70	98,400	1,050,000
T-A	91	18,750	200,000
T-B	92	37,440	400,000
T-C	93	93,600	1,000,000
T-D	94	187,200	2,000,000
T-E	95	468,000	5,000,000
T-F	96	936,000	10,000,000
ULA	00	600	6,400
HT-DIN-81	81	3,420	36,500
SC4-DIN-82	82	3,420	36,500
SC4-DIN-83	83	11,340	121,300
DIN-85	85	1,144	12,200
DIN-86	86	3,420	36,500
DIN-87	87	11,340	121,300

转子	输入代码	量程系数	
		LV	RV
SC4-14/6R	14	117,200	1,250,000
SC4-15/7R	15	46,880	500,000
SC4-16/8R	16	120,000	1,280,000
SC4-18/13R	18	3,000	32,000
SC4-21/13R	21	4,688	50,000
SC4-25/13R	25	480,000	5,120,000
SC4-27/13R	27	23,440	250,000
SC4-28/13R	28	46,880	500,000
SC4-29/13R	29	93,750	1,000,000
SC4-31/13R	31	30,000	320,000
SC4-34/13R	34	60,000	640,000
V-71	71	2,456	26,200
V-72	72	10,404	111,000
V-73	73	50,146	535,000
V-74	74	508,954	5,430,000
V-75	75	199,645	2,130,000

表 D-1 (接上一页)

附录 E - 校准程序

Brookfield 粘度计（配备标准转子）的精度为满量程 FSR 的 $\pm 1\%$ 。当用一个特定的转子在一个指定的转速下测量粘度，所能测量的最大粘度即为满量程 FSR。对于数显粘度计，该值很容易可以通过按下量程显示键来确定。屏幕将以 cP 或 mPa.s 来显示满量程 FSR，并且扭矩值将是 100%。用满量程 FSR 粘度值的 1%来定义当前转子和转速组合的测量精度。

当您的粘度计使用下列的附件配件时，测量精度为 $\pm 2\%$ 。附件配件的尺寸公差允许误差从 $\pm 1\%$ 增到 $\pm 2\%$ 。

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

DVS 粘度计的准确性可通过使用 Brookfield AMETEK 公司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 E-1（硅油型标准液）。

样品容器尺寸：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。

标准容器的内部直径：3.25"(8.25cm)

高度：4.75"(12.1cm)。

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。

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：标准液标签上标注温度的（ \pm ）0.1°C 内。

检定条件：根据操作说明安装好 DVS 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。（参阅附录 F）

通用型 25°C 标准液		高温型标准液
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	**在三种粘度/温度条件下校验
1,000		25°C, 93.3°C, 149°C
		更多信息，请参阅 Brookfield 博勒飞产品目录

表 E-1（硅油型标准液）

Brookfield 粘度标准液 – 通用信息

Brookfield 粘度计的校准可通过使用粘度标准液来检定。Brookfield 粘度计通过使用一个标准化的扭矩传感器（配合不同的转子和转速）来运转。如果粘度计通过了使用标准转子在不同转速下的性能校验（验证扭矩量程范围内的性能），则可以判定该粘度计运转正常。

选择粘度标准液时，Brookfield 建议您选择方便使用的粘度标准液。通常来说，这意味着我们建议您选择一个在测量范围内的低粘度值标准液。低粘度值标准液有助于促进热平衡、去除气泡以及粘度标准液瓶和测量样品杯之间液体的处理（600 毫升浅型烧杯或其他 Brookfield 配件所配置的样品杯）。由于这个原因，我们没有必要非要选择一个和实际所测样品或物料一样粘度值或相近粘度值的标准液。一般而言，建议用户一旦选择了校准用的转子，应在一定转速范围内采集测量数据，以便测量能够在不同的扭矩百分比下进行。

通常来说，因为标准液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开瓶使用一年后，更换新的标准液。

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 AMETEK 不再给已经售出的标准液做二次检定认证。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验证书。

如果 Brookfield 标准液未受污染，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，留做日后再用。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，通常情况下我们建议使用一次就倒掉处理。

Brookfield 的 LV (#61-63), RV/HA/HB (#1-6) 型标准转子的校准

注意：LV-4和RV/HA/HB-7号转子已经从本校准程序中剔除。Brookfield不建议使用这些转子来校准您的仪器。原因涉及到转子表面和标准液的接触面积小，转子浸入环精确控制浸入深度困难以及转子周围须均匀25°C精确温度控制的需要。如使用RV-1或HA/HB-1号转子校准时，所选的转速要小于 50 RPM并且所用的粘度标准液须大于100 cP。

按照下列步骤使用建议的标准转子来验证您的仪器准确性。

1. 把盛有标准液的容器放入恒温循环水浴中恒温。
2. 把 DVS 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（包括标准液、转子及护腿）在水浴中至少恒温 1 小时，并在测量前定时搅

拌标准液，以确保温度均匀一致。转子可以在标准液中旋转，以加速热平衡。

 搅拌须避免产生气泡！

5. 1 小时后，用一支高精度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（通常指定温度为 25°C ）。如果需要达到测试温度，允许更长的浸泡时间。
6. 当标准液的温度达到测试温度要求，开始粘度测量并记录粘度值（包括扭矩%和 cP 值）。

注意：在记录粘度读数前，至少要让转子转动 5 圈以上。

7. 测得的粘度值应该在粘度标准液的实际值加上粘度计和标准液的精度误差值范围内（校验测量结果的解释在下面内容中有讨论，请参阅）

小量样品适配器 (SSA) 的校准程序

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 DVS 粘度计上（或直接安装本身就是固定杆的转子）。
4. 恒温足够长的时间使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录扭矩%值和粘度值。

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) 的校准程序

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 (#61-63) 和 RV, HA, HB (#1-6) 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。**不要使用 Thermosel 加热器去控制室温 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以内的温度。**更多信息，请参阅 Thermosel 加热器操作手册。

1. 在 HT-2 样品筒中加入适量的 HT 型高温标准液，标准液用量随转子而变化。
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 DVS 粘度计上。
4. 恒温足够长的时间使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录扭矩%值和粘度值。

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) 的校准程序

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 DVS 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，或正确装上 ULA-40Y 水浴夹套，并接上水浴外循环泵的进出口水管。
5. 恒温足够长的时间使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
6. 开始测量并记录扭矩%值和粘度值。

注意：在记录粘度读数前，至少要让转子转动 5 圈以上。

DIN 适配器的校准程序

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 DVS 粘度计上。
3. 将样品筒降低放入水浴中，或正确装入 ULA-40Y 水浴夹套中，并接上水浴外循环泵的进出口水管。
4. 恒温足够长的时间使粘度标准液、样品筒和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录扭矩%值和粘度值。

注意：在记录粘度读数前，至少要让转子转动 5 圈以上。

Helipath 升降支架和 T-bar 转子的校准程序

T-bar 转子不应用来做 DVS 粘度计的校准。

使用 Helipath 升降支架和 T-bar 转子时，请先卸下 T-bar 转子，然后选择标准转子 LV (#61-63) 和 RV, HA, HB (#1-6) 进行校验。具体操作，请参照 **Brookfield 的 LV (#61-63), RV/HA/HB (#1-6) 型标准转子的校准程序**。

螺旋适配器的校准程序

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 DVS 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。

 搅拌须避免产生气泡！

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℃）的±0.1℃ 范围内，开始测量并记录扭矩%值和粘度值。仪器的精度是满量程 FSR 的+/-2%，而非标准转子的 1%。

注意：在记录粘度读数前，至少要让转子转动 5 圈以上。

校准结果的分析解释

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，DVS 粘度计的测量误差为该组合下所能测量的满量程最大粘度值的 (+/-)1%。对于标准液，其误差范围是标称粘度值的 (+/-)1%。

例 1: 计算 DVSRV 粘度计的 RV-3 转子在转速为 2 RPM 的情况下，利用在 25℃ 时粘度值为 12,257cP 的 Brookfield 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) 使用仪器上的量程显示键或用下列公式计算当前情况下能测量的满量程最大粘度值：

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

其中，

TK 为扭矩系数，对于 DVSRV 粘度计 **TK=1.0**，参阅表 C-2

SMC 为转子倍数系数，对于 DVSRV 的 #3 转子 **SMC=10.0**，参阅表 C-1

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

DVSRV 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，证明该粘度计运转正常。否则，该粘度计需要进行校准和维修，请联系 Brookfield 博勒飞公司或代理商。

例 2: 计算 DVSRV 粘度计使用 SSA 小量样品适配器转速为 10 RPM 时，利用在 25℃ 时粘度值为 12,257cP 的 Brookfield 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) 使用仪器上的量程显示键，显示当前情况下能测量的满量程粘度值为 25,000cP。则粘度计在当前情况下误差为 (+/-)500cP（25,000cP 的 2%）。
- 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，证明该粘度计运转正常。否则，该粘度计需要进行校准和维修，请联系 Brookfield 博勒飞公司或代理商。

附录 F – 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在 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。最初的设计包括一个保护转子侧面影响的套筒。早期的 LV 护腿连接到表盘，RV 护腿则用一个旋钮锁定部件连接到轴承罩杯底部。

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（参阅图 F-1）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）和 RV-2 转子直径更大，这两种护腿是不能互换使用的。

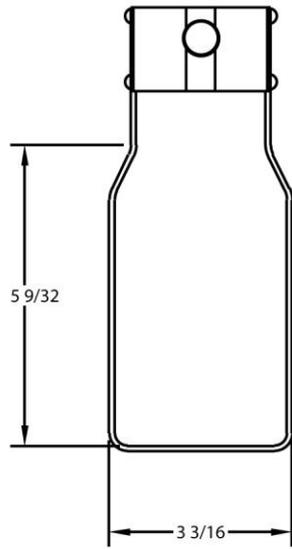
Brookfield 粘度计/流变仪的校验需要使用 600mL 浅型烧杯，LV 和 RV 型仪器的校验需要加装护腿，烧杯壁（对 HA/HB 仪器）或者护腿（对 LV/RV 仪器）称为测量的“外边界”，LV、RV、HA/HB 转子的转子因子是随上述外边界条件而变化的，转子因子是用于将仪器的扭矩（表示为表盘读数或 % 扭矩值）转换成厘泊。在理论上，如果测量是在不同的边界条件下进行，例如没有护腿或不在 600mL 烧杯中进行，在因子表上转子因子通常不能准确计算绝对粘度，改变外边界条件不会改变流体的粘度，但会改变仪器扭矩换算成粘度值（cP）。不改变转子因子去适应边界条件，从仪器扭矩到粘度的计算将是不正确的。

事实上，使用 LV 或 RV 转子中的 #1 和 #2 转子时，护腿的影响最大（注意：RV/HA/HB-1 号转子不包括在标准转子中）。其它的 LV (#63 & #64) 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”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/流变仪校准时的一部分，我们的客户应该知道它们的存在和目的，以及可能对数据造成的影响。有了这些知识，粘度计使用者可以根据自身的需求来修改完善 Brookfield 所推荐的测量方法。

RV 机型 (B-21Y)



LV 机型 (B-20Y)

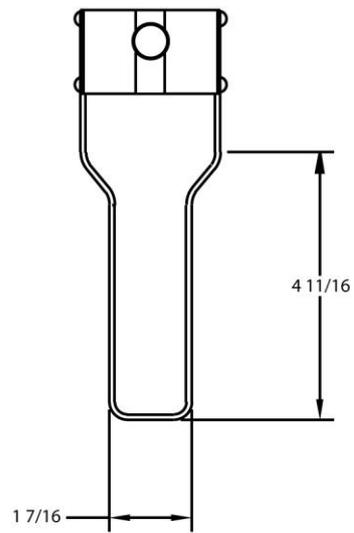
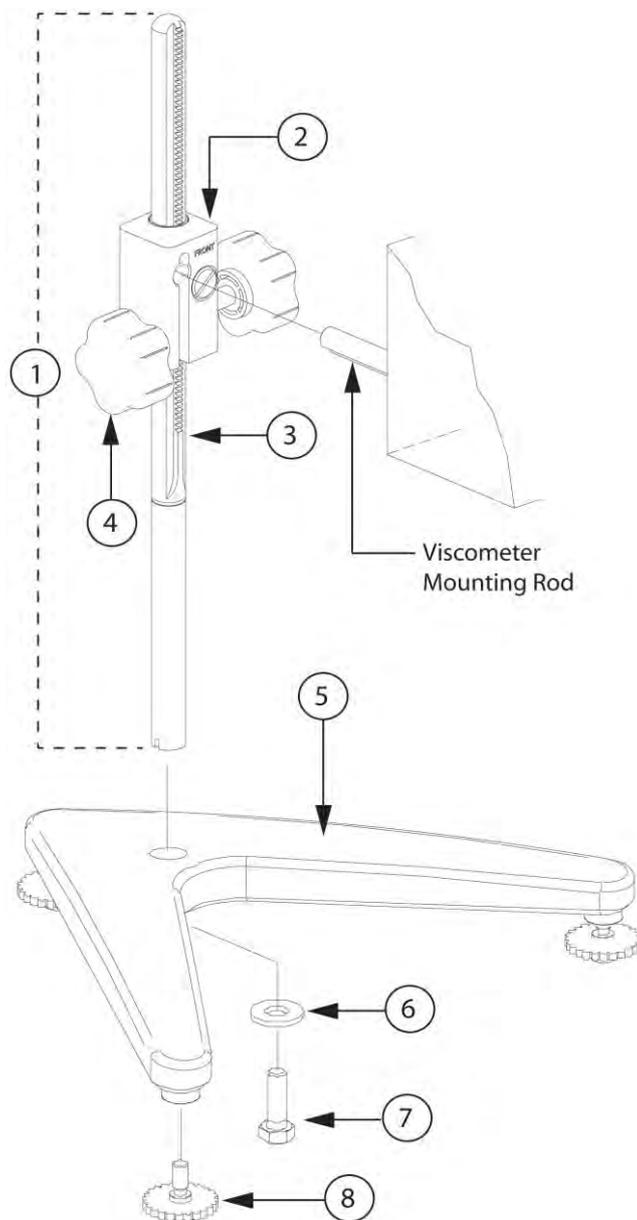


图 F-1 Brookfield 粘度计护腿

附录 G — 粘度计支架



Item	Part Number	Description	Qty
1	VS-CRA-14S	Rod and Clamp Assembly †*	1
2	N/A	Universal Lab Stand Clamp Assembly	1
3	N/A	14" Upright Rod *	1
4	VS-41Y	Knob Assembly	1
5	VS-1Y	Base, Model A (includes 3 VS-3 leveling screws)	1
6	502028071S33B	Flat washer 5/16 x 7/8 x .071"	1
7	50S311832S01B	Screw, 5/16-18 x 1" lq. slotted head	1
8	VS-3	Leveling Screws, Model A, S and Q	3

* Optional 18" rod available

N/A Not for individual purchase

† Includes screw and washer (Items 6 and 7)

图 G-1

拆箱检查

仔细检查所有收到的部件，确保无隐蔽性的损坏。

1 个 底座 (VS-1Y)	1 个 螺钉和垫圈
3 个 水平螺钉 (VS-3)	1 个 安装夹和垂直杆 (VS-CRA-14S)

将三个水平螺钉从底座卸下，除去包装材料，从垂直杆上取下固定螺母

组装 (参见图 G-1)

将水平螺钉拧上底座，将垂直杆的底部插入底座上的孔内，在底座的下面将固定螺母旋入垂直杆，将垂直杆的齿条面向前面 (向着底部的“V”端)，旋紧固定螺母。

粘度计装配

安装 VS-VRA-14S 夹具组件，应该使带有‘front’字样的那面朝向操作者，这将保证夹具组件的槽口可以与粘度计手柄上的突出部分相吻合，将粘度计机头后的安装杆插入夹具组件的槽口，调节仪器水平直到水泡位于中间目标位置，拧紧夹具螺丝。

在夹具组件前部有一个小的夹具调节螺栓 (图 G-1)，应该使它松紧合适，这样使粘度计可方便调节高度并足够稳固。

将粘度计置于相对于底座的中间位置，旋紧固定螺母，参照粘度计水平气泡，调整水平螺钉直到仪器水平。

操作

旋转夹具齿轮螺钮可以升高或降低粘度计机头。

附录 H — 故障诊断和疑难解答

以下列举了一些您在使用 DVS 粘度计时可能会遇到的问题，供您参阅。

转子不转

- 确认粘度计已接上 AV-6 电源。
- 确认 AV-6 电源的插头已牢固地插到粘度计上。
- 确认 AV-6 电源开关已在 ON 位置，且马达处于开启状态。

转子旋转时摇晃或外观弯曲

- 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污染：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 J）。
- 检查旋转时转子是否偏心或摇晃。允许的偏差是：当测量转子在空气中旋转的转子底部，在每个方向偏离 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。

如果您的粘度计持续遇到这些问题，请参照疑难解答来帮助您分析确认潜在的问题。

动态零点测试

- 拆卸转子，并调节粘度计至水平。
- 设置转速为 10 RPM，并开启马达空转。

如果粘度计的扭矩%值大于 $\pm 0.5\%$ ，则仪器应执行校准。校准程序，请参阅附录 E。

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"; Chapter 3, Section 3.4 — Viscosity Measurement Techniques
- 参照附录 E 的操作指示，执行校准程序。
 - 确认误差的计算是否正确
 - 确认校准程序步骤是否正确执行

如果发现超出允许误差范围，仪器可能需要维修，请与 Brookfield AMETEK 公司或代理商联系。详见附录 J。

附录 I — 在线帮助和额外资源

www.brookfieldengineering.com** (英文); **www.brookfield.com.cn** (中文)

Brookfield 网站是一个很好的资讯资源, 能够随时提供您所需要的额外帮助和自助服务。网站提供了“如何做”的视频、操作说明、换算表、操作手册、材料安全数据表、校准模板和其他技术资料。

<http://www.youtube.com/user/BrookfieldEng>

Brookfield 有自己的 YouTube 频道, 您可以在这里找到相关的应用视频或由我们技术销售团队制作的视频。

Viscosityjournal.com

Brookfield 关联一个卫星网站, 应该是你粘度研究的第一站。该网站提供在粘度计领域的专家访谈文库以及 Brookfield 技术文章和换算表。网站需要注册, 这样您就可以获得最新访谈和新闻的通知, 但是, 这个信息不会与其他厂商、机构等共享。

文章重印

- 只能获得印刷版本
- Brookfield 有丰富的书库, 含有关于粘度、质构和粉体测试的发表文章。由于版权限制, 这些文章无法通过电子邮件发送。拷贝文章请直接致电我们的客户服务部门或通过电子邮件: marketing@brookfieldengineering.com。
- 可在线获得
- Brookfield 网站可以直接下载的文章越来越多。这些文章可以通过下路径在我们的主站点获得: http://www.brookfieldengineering.com/support/documentation/article_reprints。

More Solutions to Sticky Problems 粘度疑难解答

通过我们最流行的出版物可以了解更多关于粘度和流变学的信息。这个内容丰富的小册子将为您提供测量技术、咨询及更多相关信息。这是任何一个 Brookfield 粘度计或流变仪操作员必须拥有的手册。更多已出版的解决方案, 也可以通过以下路径以 PDF 格式在 Brookfield 网站上下载: <http://www.brookfieldengineering.com/support/documentation>

培训/课程

无论是指定仪器的课程, 进行测试前的培训, 还是使您更好地了解测试方法, 还能有谁比粘度测试设备的全球领导者更胜任? 欲了解更多关于培训的信息, 请访问我们网站的服务板块。

**下载会要求注册您的姓名、公司名称和电子邮件地址。我们尊重您的隐私, 此信息不与 Brookfield AMETEK 公司以外的人员共享。

附录 J — 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 AMETEK 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。
- 将仪器放入原来的包装皮箱内，原包装箱可用就可立即运回 Brookfield AMETEK 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。

制造商：

Brookfield AMETEK
11 Commerce Boulevard
Middleboro, MA 02346 U.S.A.
Telephone: (508) 946-6200 Fax: (508) 923-5009
www.brookfieldengineering.com

如果您需要维修服务，请与中国地区的 Brookfield 博勒飞技术服务中心联系：

Brookfield 上海技术服务中心
Tel: 021-62575091, 62572166; Fax: 021-62578578

Brookfield 广州技术服务中心
Tel: 020-37600995, 37600548; Fax: 37608953

Brookfield 北京技术服务中心：
Tel: 010-84284842, 84284943; Fax: 010-84284943

售后服务 E-mail: service@brookfield.com.cn
中文网址: www.brookfield.com.cn

我们还可以为客户提供上门服务，如有需要，请与上述我们中国各技术服务中心联系。

